

PROSIDING



Seminar Nasional Teknik Industri 2017
Universitas Gadjah Mada

“Frontier in Industrial Engineering”

ISBN 978-602-73461-6-1

Supported by :



8 November 2017
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281

Halaman ini sengaja dikosongkan

Prosiding

**SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI 2017
UNIVERSITAS GADJAH MADA**

Frontier in Industrial Engineering

Yogyakarta, 8 November 2017

**Diterbitkan oleh:
Departemen Teknik Mesin dan Industri
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada**

Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri 2017
Frontier in Industrial Engineering

Editor: Rini Dharmastiti, IGB Budhi Darma, MK Herliansyah, Nur Aini Masruroh

Reviewer:

Andi Rahadiyan Wijaya, S.T, M.Sc, Lic., Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Andi Sudiarso, S.T, M.T, M.Sc., Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Anna Maria Sri Asih, S.T, M.M, M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Budi Hartono, S.T, MPM, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Budi Sholeh, ST., MBA., P.D.Eng	(Universitas Gadjah Mada)
Dawi Karomati Baroroh, S.T, M.Sc,	(Universitas Gadjah Mada)
Fitri T, ST, M.Sc	(Universitas Gadjah Mada)
Herianto, S.T, M.Eng., Dr. Eng	(Universitas Gadjah Mada)
I Gusti Bagus Budi Dharma, S.T, M.Eng, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Dr.Eng. Herianto, ST, M.Eng	(Universitas Gadjah Mada)
M. Arif Wibisono, S.T, M.T., Dr. Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
M.K Herliansyah, S.T, M.T, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Nur Aini Masruroh, S.T, M.Sc., Ph.D.	(Universitas Gadjah Mada)
Nur Mayke Eka Normasari, S.T., M.Eng	(Universitas Gadjah Mada)
Rini Dharmastiti, Ir. M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Sinta Rahmawidya Sulisty, S.T., MSIE	(Universitas Gadjah Mada)
Subagyo, Ir. Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Titis Wijayanto, S.T, M.Des., Dr. Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Dwi Agustina Kurniawati, ST, M.Eng. Ph.D	(Universitas Islam Negeri)
Niko Siameva Uletika, S.T., M.Eng.	(Universitas Jenderal Soedirman)
Dr. Arman Hakim Nasution, M.Eng.	(Institut Teknologi Surabaya)
Dr. Wahyudi Sutopo, S.T., M.Si.	(Universitas Sebelas Maret)
Dr. Yosephine Suharyanti, S.T., M.T.	(Universitas Atma Jaya Yogyakarta)

Editor:

Ir. Rini Dharmastiti, M.Sc., Ph.D
IGB Budhi Darma, ST, M.Eng, Ph.D
MK Herliansyah, ST, MT, Ph.D
Nur Aini Masruroh, ST, M.Sc., Ph.D

Layout:

Elanjati Worldailmi, ST
Marta Hayu Raras SRS, ST
Citra Nudiasari, ST
Yasdin, S.Pd., M.Pd.

First Published in 2017

21 x 29,7 cm, 636 halaman

ISBN: 978-602-73461-6-1

©2017 by Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

KATA PENGANTAR

SeNTI atau Seminar Nasional Teknik Industri merupakan seminar nasional yang dilaksanakan oleh Program Studi Teknik Industri Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. SeNTI dan seminar-seminar pendahulu misalnya CAE (*Conference on Applied Ergonomics*), SMART (*Seminar on Application and Research in Industrial Technology*), dan Teknosim (Seminar Nasional Teknologi Simulasi) telah berhasil dimanfaatkan oleh para pesertanya (peneliti, praktisi, dan mahasiswa) sebagai media berkomunikasi dan mengembangkan jejaring terkait dengan bidang-bidang keilmuan pada ranah teknik industri dan teknologi industri secara umum.

Topik utama seminar nasional ini adalah *Frontier in Industrial Engineering*. Topik ini diambil untuk mewadahi capaian-capaian terkini di bidang Teknik Industri sehingga bisa diharapkan terjadinya pertukaran informasi dan pengembangan jejaring dalam bidang Teknik Industri. Namun demikian, topik bidang lainnya yang terkait dengan ilmu teknik industri juga dapat disampaikan dalam seminar ini.

Pada tahun 2017 ini, SeNTI 2017 dilaksanakan di Yogyakarta, Indonesia. Seminar ini diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Seminar ini dibagi dalam empat topik utama, yakni Ergonomika, Riset Operasi, Sistem Manufaktur, dan Teknik Produksi.

Seminar ini dapat terlaksana dengan sukses berkat partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Panitia mengucapkan terima kasih kepada para pembicara inti, mitra bestari, pemakalah, peserta, dan semua pihak yang telah membantu terselenggaranya seminar ini.

Yogyakarta, 8 November 2017
Ketua Panitia

Nur Mayke Eka Normasari
NIU 1120150006



Halaman ini sengaja dikosongkan



SUSUNAN PANITIA

Pengarah

Dekan Fakultas Teknik UGM

Prof. Ir. Panut Mulyono, M.Eng, D.Eng

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Industri UGM

Prof. Moch Noer Ilman, S.T., M.Sc., Ph.D.

Sekretaris Departemen Teknik Mesin dan Industri UGM

Fauzun, ST., MT., Ph.D

Ketua Program Studi Sarjana Teknik Industri UGM

Bertha Maya Sopha, S.T., M.Sc., Ph.D.

Ketua Program Studi Pascasarjana (S2) Teknik Industri UGM

M.K Herliansyah, S.T, M.T, Ph.D

Ketua Program Studi Pascasarjana (S3) Teknik Industri UGM

Nur Aini Masruroh, S.T, M.Sc., Ph.D.

Penanggung Jawab :

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Industri UGM

Prof. Moch Noer Ilman, S.T., M.Sc., Ph.D.

Steering Comitee :

Ibu Dwi Agustina Kurniawati, ST, M.Eng. Ph.D	(Universitas Islam Negeri)
Ibu Niko Siameva Uletika, S.T., M.Eng.	(Universitas Soedirman)
Dr. Arman Hakim Nasution, M.Eng.	(Institut Teknologi Surabaya)
Dr. Wahyudi Sutopo, S.T., M.Si.	(Universitas Sebelas Maret)
Dr. Yosephine Suharyanti, S.T., M.T.	(Universitas Atma Jaya Yogyakarta)
Ir. Nur Indrianti, MT, D.Eng	(Universitas Pembangunan Nasional)
Prof. Ir. Samsul Kamal, M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)



Panitia

Ketua Panitia : Nur Mayke Eka Normasari, S.T., M.Eng.

Wakil Ketua Panitia : Dr. Titis Wijayanto, S.T, M.Des

Anggota :

Andi Rahadiyan Wijaya, S.T, M.Sc, Lic., Ph.D
Budi Hartono, S.T, MPM, Ph.D
IGB Budi Dharma, S.T, M.Eng, Ph.D
Rini Dharmastiti, Ir. M.Sc, Ph.D
Sinta Rahmawidya Sulisty, S.T., MSc
Dawi Karowati B, S.T., M.Sc.
Yekti Condro Winursito, S.T.
Rindi Kusumawardani, S.T.
Cici Finansia, S.T.
Hana Silvia Dwi Putri, S.T.
Edit Rusnita, S.T.
Elanjati Worldailmi, S.T.
Marta Hayu Raras SRS, S.T.
Citra Nudiasari, S.T.
Yasdin, S.Pd.
Yulinda Sakinah Munim, S.T.
Wini Wiliyanti, S.T.
Lusiana Pane, S.T.
Yustinus Tapilouw, S.T.
Riza Arfani, S.T.
Esmu Aprianto, S.T.
Rian Prasetyo, S.T.
Moeso Alpianto, S.T.
Tri Wisudawati, S.T.
M. Hendi Erfaisalsyah, S.T.
Afiqoh Akmalia Fahmi, S.T.
Hanissa Okitasari, S.T.
Galih Pandu, S.T.
Daniel Renaldo Simanjuntak, S.T.
Muhammad Khasanal Hamman, S.T.
Rony azmi faisal, S.T.
Ibnu Al Taufiq, S.T.
Dian Hitadari, S.T.
Marcellino Aditya Mahendra, S.T.
Ravinska Chandra, S.T.
Titi Indarwati, S.T.
Ismianti, S.T.
Maria Puspitasari, S.T.



Reviewer:

Andi Rahadiyan Wijaya, S.T, M.Sc, Lic., Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Andi Sudiarso, S.T, M.T, M.Sc., Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Anna Maria Sri Asih, S.T, M.M, M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Budi Hartono, S.T, MPM, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Budi Sholeh, ST., MBA., P.D.Eng	(Universitas Gadjah Mada)
Dawi Karomati Baroroh, S.T, M.Sc,	(Universitas Gadjah Mada)
Fitri T, ST, M.Sc	(Universitas Gadjah Mada)
Herianto, S.T, M.Eng., Dr. Eng	(Universitas Gadjah Mada)
I Gusti Bagus Budi Dharma, S.T, M.Eng, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Dr.Eng. Herianto, ST, M.Eng	(Universitas Gadjah Mada)
M. Arif Wibisono, S.T, M.T., Dr. Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
M.K Herliansyah, S.T, M.T, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Nur Aini Masrurroh, S.T, M.Sc., Ph.D.	(Universitas Gadjah Mada)
Nur Mayke Eka Normasari, S.T., M.Eng	(Universitas Gadjah Mada)
Rini Dharmastiti, Ir. M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Sinta Rahmawidya Sulisty, S.T., MSIE	(Universitas Gadjah Mada)
Subagyo, Ir. Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Titis Wijayanto, S.T, M.Des., Dr. Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Dwi Agustina Kurniawati, ST, M.Eng. Ph.D	(Universitas Islam Negeri)
Niko Siameva Uletika, S.T., M.Eng.	(Universitas Soedirman)
Dr. Arman Hakim Nasution, M.Eng.	(Institut Teknologi Surabaya)
Dr. Wahyudi Sutopo, S.T., M.Si.	(Universitas Sebelas Maret)
Dr. Yosephine Suharyanti, S.T., M.T.	(Universitas Atma Jaya Yogyakarta)



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	iii
SUSUNAN PANITIA	vi
DAFTAR ISI	ix

ER-ERGONOMIKA

Judul dan Penulis	Halaman
Analisis Pengaruh <i>Time Urgency</i> dan <i>Traffic Congestion</i> Terhadap Situational Awareness dan Driving Performance Akbar Mohammad Syawqi, Rini Dharmastiti	ER-3
Perancangan Ulang Rak Penyimpanan Galon Dan Alat Bantu Angkat Dengan Metode Ergonomi Partisipatori Didik Adji Sasongko, Hari Purnomo	ER-9
Analisis Potensi Bahaya Menggunakan Metode <i>Hazzard Operability Study</i> (HAZOPS) Berdasarkan Perangkingan OHS <i>Risk Assesment and Control</i> Fajar Kuncoro	ER-20
Pengaruh Asupan Makanan serta Karakteristik Jalan terhadap Performa Mengemudi: Tinjauan Pustaka Iftikar Z. Sitalaksana, Gradiyan Budi Pratama, Putra Alif R. Yamin, Herman R. Soetisna	ER-30
Studi Faktor Sistem Supra pada <i>Human Factors Analysis and Classification System</i> (HFACS) Iftikar Z. Sitalaksana, Putra A.R. Yamin	ER-35
Redesign Stasiun Kerja Pencantingan Batik Yang Ergonomis Jazuli, Dedi Nurcipto, Ilham Shalahuddin Afif	ER-45
Kajian Literatur <i>Human Computer Trust</i> (HCT) pada Penggunaan Sistem Navigasi oleh Pengemudi Mayesti Kurnianingtias, Titis Wijayanto, M. K. Herliansyah	ER-55
Kajian Awal Analisis Pengaruh Informasi dan Komunikasi terhadap <i>Team Situational Awareness</i> dalam Keadaan <i>Emergency</i> Dengan Pendekatan <i>Serious Gaming</i> Miftahulkhair Adianto, Budi Hartono	ER-65
Perancangan dan Evaluasi Usabilitas Website <i>E-Commerce</i> Batik (Studi Kasus Batik Butimo Kulon Progo DIY) Nova Suparmanto, Andi Sudiarso	ER-70
Pengaruh <i>Job Demands-Resources</i> terhadap <i>Burnout</i> pada Manajer Proyek di Indonesia Prasidananto Nur Santoso, Budi Hartono	ER-82
Perbandingan Sensitivitas Metode REBA, OWAS dan QEC dalam Evaluasi Tingkat Risiko Postur Kerja. (Studi Kasus di WL Aluminium Giwangan) Rahmadhan, Dawi Karomati Baroroh	ER-93
Analisis Beban Kerja Mental dan Tingkat <i>Burnout</i> pada Perawat Menggunakan Metode NASA - <i>Task Load Index</i> dan <i>Maslach Burnout Inventory - Human Service Survey</i> (Studi Kasus: Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar)	ER-103



ER-ERGONOMIKA

Judul dan Penulis	Halaman
Siti Mar`atus Sholikhah, Irwan Iftadi, Rahmadiyah Dwi Astuti	
<i>Application of the Occupational Repetitive Actions (OCRA) Index to Assess Ergonomic Risks of Corn Seed Production Workers</i> Syamsul Anwar, Angellina Putri	ER-112
Penerapan Model <i>System Engineering Initiative for Patient Safety</i> (SEIPS) dalam Analisis Persepsi Perawat Terhadap Kelelahan Kerja (Studi Kasus: Instalasi Bedah Sentral RSUD Kabupaten Karanganyar) Tia Rizky Noviani, Irwan Iftadi, Rahmadiyah Dwi Astuti	ER-120
Evaluasi Pengaruh <i>Dualtask</i> dan <i>Personality</i> Pejalan Kaki terhadap <i>Situation Awareness</i> Zati Dini Atsari, Dawi Karomati Baroroh	ER-129

RO-RISET OPERASI

Judul dan Penulis	Halaman
Usulan Perbaikan Jadwal Pengisian Kembali Persediaan untuk Produk Susu Kental Manis dengan Metode Heuristik Berbasis <i>Repetitive Forward Rolling Technique</i> Aries Susanty, Singgih Saptadi, Inas Rosita	RO-3
Penggunaan Model Regresi Linier Untuk Menyatakan Hubungan Fungsional Antara Massa Bahan Baku, Durasi Ekstraksi, Dan Jumlah Pencelupan Terhadap Tingkat Ketuan Warna Kain Batik Dengan Bahan Pewarna Alami Jalawe Boby Tri Nugroho, Nurroh Habibah, Intan Ekki Shafirra, Nurifa Setyafani, dan Andi Sudiarso	RO-11
Analisis Keputusan Pemilihan Kemasan Ikan Asap Tradisional Untuk Meningkatkan Nilai Penjualan Dwi Nurul Izzhati, Hasan Mastriswadi, Tita Talitha	RO-17
<i>Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-up Services</i> (VRPSDP) pada Distribusi Tabung Gas LPG 3 Kg (Kasus: PT. Lentera Putera Sejahtera) Fitriani Surayya Lubis, M.K. Herliansyah	RO-22
Perancangan Jalur Evakuasi Kebakaran. Fakultas ABC Universitas X. Laksmi Nararia Dewi, Retno Wulan Damayanti, Irwan Iftadi	RO-30
Pengembangan Model Perilaku Konsumen pada Pembelian 3D Printer di D.I. Yogyakarta Mochamad Sugeng Mentariadi, Herianto	RO-40
<i>Maximize blood collection routing problem: Simulated Annealing Heuristic Approach</i> Nur Mayke Eka Normasari	RO-46
Pengembangan Algoritma <i>Modified Longest Processing Time</i> untuk Penyelesaian Masalah Penjadwalan n Job m Mesin Paralel Rifa Arifati, Ati Zaidiah	RO-55
Optimasi Penjadwalan Ruang Operasi dan <i>Recovery Bed</i> dengan Metode Algoritma Genetika Rizki Ananda, Linda Wahyuni Santoso, Nur Aini Masrurroh	RO-61
Pemodelan Simulasi Antrian Poliklinik Jantung RSUP Dr. Sardjito Sinta Rahmawidya Sulisty, Afiqoh Akmalia Fahmi, Destiana Ayu Prasetyani	RO-69



RO-RISET OPERASI

Judul dan Penulis	Halaman
<i>A Risk Propagation Model in Agri-Food Industry Supply Chain using the Bayesian Networks</i> Syamsul Anwar, Taufik Djatna	RO-75
<i>Man Power Planning dan Workload Analysis pada Unit Human Capital PT Angkasa Pura II (Persero)</i> Wahyu Indah Nur Hidayah, Novie Susanto	RO-82
<i>Analisis Resiko pada CV. Surya Mas Rubber dengan pendekatan SCOR model</i> Wiwid Widiastih	RO-90
<i>Identifikasi Waste pada Alur Proses Pemulangan Pasien dengan Pendekatan Lean Hospital di RSUD Kabupaten Karanganyar</i> Yanuar Shinta Rakhmawati, Retno Wulan Damayanti, Irwan Iftadi	RO-101

M-MANUFAKTUR

Judul dan Penulis	Halaman
<i>Aplikasi Teknik Manufaktur Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI) Untuk Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Plastik Berpenguat Serat Abaca (AFRP)</i> Abubakar, Hiroomi Homma, Indra	M-3
<i>Pemanfaatan Minyak Sayur Sebagai Cairan Pendingin Alternatif Pada Mesin CNC-Mill 3a</i> Almadora Anwar Sani, Didi Suryana, Karmin	M-13
<i>Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) dalam Menekan Losses pada Area Channel 10 PT. SKF Indonesia</i> Ariana Mustikasari, I Wayan Suletra	M-21
<i>Seleksi Inokulum Untuk Start-Up Double Stage Anaerobic Digester Pada Proses Produksi Biogas Dari Palm Oil Mill Effluent (POME)</i> Dian Fitriani Astitia, Sri Ismiyati Damayanti, Wiratni Budhijanto,	M-30
<i>Optimasi Parameter Pada Proses Pembuatan Objek 3D Printing Dengan Teknologi FDM Terhadap Akurasi Geometri</i> Dicky Seprianto, Romi Wilza, Iskandar	M-37
<i>Perhitungan Tingkat Efektivitas Mesin Tsudakoma dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE). (Study kasus PT. XYZ)</i> Ganis Kurniawati Hadi Putri, Rahmadiyah Dwi Astuti, Bambang Suhardi	M-50
<i>Manufaktur Rangka Sepeda Balap Dari Bahan Serat Karbon Dengan Metode Wrapped On Foam</i> Heru SB Rochardjo, Taufik Junaidi	M-60
<i>Pengembangan Canting Cap Berbahan Plastik Menggunakan Teknologi Additive Manufacturing</i> Kurniawan Hamidi, M. Arif Wibisono, dan I.G.B. Budi Dharma	M-66
<i>Analisis Masalah COGI di Area Raw Material di PT XYZ Menggunakan A3 Report Problem Solving</i> Maria Retno Savitri, Pringgo Widyo Laksono	M-76
<i>Perancangan Mesin Batik Cap Otomatis Tipe Modul Cap Bergerak</i> Misbachul Hanif, M. Arif Wibisono, dan I.G.B. Budi Dharma	M-87



M-MANUFAKTUR

Judul dan Penulis	Halaman
Pengaruh Penambahan MgO Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Biokeramik Bovine Hydroxyapatite Yang Disinter Muhammad Kusumawan Herliansyah, Dhananjaya Yama Huda Kumarajati	M-96
Perancangan Alat Pencelupan Kain Batik yang Ergonomis di Sentra Batik Bogor Tradisiku Nurfajriah, Rifa Arifati	M-102
Desain Produk Alat Penghasil Tepung Biji Durian Rosnani Ginting, Rifqi Amanullah, Khairul Imam, M. Reiza Affandi, Kartini Putri	M-111
Desain Rangka Body Monorel Dengan Metode <i>Finite Element</i> Subarmono, Wibisono M.A., Dharma IGB., Salim UA., Zahy, Bramosh	M-122
Pengoperasian Mesin Genset 3500 Watt Menggunakan Bahan Bakar Gas Methane Dengan Metode <i>Vacuum Valve</i>) Tri Widagdo1, Soegeng Witjahjo	M-131
<i>Flow Visualization And Lift-Drag Performance Of Fighter Aircraft Model In Water Tunnel</i> Widia Kartika, Sutrisno	M-141

TP-TEKNIK PRODUKSI

Judul dan Penulis	Halaman
Identifikasi 5S Pada Stasiun Perebusan (<i>Sterilizer</i>) Di Pabrik Kelapa Sawit Anizar, Ulfa Audina	TP-3
Implementasi <i>Lean Manufacturing</i> Pada Proses Produksi Mono Chair di PT. XYZ Arandhika Putri Maharani, Retno Wulan Damayanti, Irwan Iftadi	TP-12
Usulan Pengembangan Strategi Penilaian Produk Berbasis AHP dan QFD Argaditia Mawadati, M.Arif Wibisono	TP-24
Penataan Kawasan Timoho Yang Antisipatif Terhadap Genangan Air Brian Salvati Rodintya, Ardhya Nareswari, M. Santosa	TP-36
Perancangan Kerangka Kerja Dalam Mendukung Kesuksesan Pengembangan Produk Baru Berbasis <i>Product Family</i> Pada Industri Kecil Menengah di D.I.Yogyakarta Broto Widya Hartanto, Subagyo	TP-46
Pola Siklus Hidup Produk-Produk Kendaraan Bermotor Roda Empat di Indonesia Citrasari Andadari, Subagyo	TP-56
Kajian Literatur Perilaku Rumah Tangga Dalam Menghasilkan Sampah Makanan (<i>Food Waste</i>) Di Kota Yogyakarta Deni Saputra, Anna Maria Sri Asih	TP-63
Analisis Efisiensi Relatif pada UMKM Batik Cap Semarang Dengan Metode <i>Data Envelopment Analysis</i> Diana Puspita Sari, Bedietra Adriz Rachmania, Nia Budi Puspitasari	TP-71
Evaluasi Dan Desain Kaki Prostetik Atas Lutut Untuk Peningkatan Kepuasan Konsumen Yayasan Difabel Mandiri Ega Zulfa Rahcita, Yassierli	TP-80
Kajian Teoritis Peran Manajer Menengah di Proyek sebagai <i>Boundary Spanner</i> Elanjati Worldailmi, Budi Hartono	TP-91



TP-TEKNIK PRODUKSI

Judul dan Penulis	Halaman
Aplikasi Kaizen pada <i>Brake Assembly Line</i> untuk Meningkatkan Produktivitas Line (Studi Kasus: PT XYZ) Fadhilah Al Karimah, Eko Pujiyanto	TP-100
<i>A System Analysis and Design To Improve Green Productivity Index Of Leather Tanning Industry Through Environmental Management</i> Febriani Purba, Taufik Djatna, Ono Suparno, Ani Suryani	TP-111
<i>Risk Assessment dan Business Impact Analysis</i> BPK RI dalam pengembangan DRP BPK RI dengan standar NIST 800-30 Rev 1 Fuad Kurniawan, Lukito Edi Nugroho, Sri Suning Kusumawardani	TP-125
Kerangka Kerja Konseptual Pengembangan <i>Disaster Recovery Plan</i> Fuad Kurniawan, Lukito Edi Nugroho, Sri Suning Kusumawardani	TP-137
Integrasi Metode SQC (<i>Statistical Quality Control</i>) Dan Taguchi Dalam Upaya Peningkatan Kualitas Produk Kertas Rokok di PT. XYZ Khawarita Siregar, Syahrul Fauzi Siregar, Nurhikmah Alfath	TP-148
Rancangan <i>Framework</i> Karyawan Konstruksi Indonesia dalam Kajian <i>Burnout</i> dan <i>Engagement</i> Terkait <i>Gender</i> Maria Puspitasari, Budi Hartono	TP-155
Analisis Pemilihan Produk Batik Tulis Terbaik Menggunakan <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) Muhammad Armihadi Nugraha, Andi Sudiarso	TP-161
Usulan Perbaikan Metode Kerja Proses Pemanenan Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode SCAT di PT. XYZ Muhammad Nur	TP-170
Model Desain Jaringan Rantai Pasok Dengan Karakteristik <i>Multi Product, Multi Period, Multi Stage: Stochastic Demand</i> Nur Mayke Eka Normasari, Budi Hartono, Christin Budiono	TP-178
Pengaruh <i>Individual Risk Attitude</i> dan Pengalaman Pada Proses Analisis Resiko Proyek Serifiana Arung Bua	TP-186
Optimalisasi Persediaan Rantai Pasok Beras Berbasis Fuzzy Tsukamoto dengan Model Alpha Predikat Maksimal Tita Talitha, Hasan Mastriswadi, Dwi Nurul Izzhati	TP-197
Kajian Literatur Efek <i>Sleep Deprivation</i> pada Performansi dan Atensi Pengemudi Rayanda Utomo Abdianto, Titis Wijayanto	TP-206
Evaluasi Kekuatan dari Produk <i>Lower Limb Prosthetics</i> Rini Dharmastiti, Christopher Wicaksono Adi	TP-215
Analisis Mitigai Resiko pada Pengadaan Barang PT Janata Marina Indah Semarang dengan Metode <i>House of Risk</i> Naniek Utami Handayani, Ines Chandra Fitriana, Jessika Ulina	TP-220

LAIN-LAIN

Judul dan Penulis	Halaman
Konsep Perancangan Database untuk <i>Traceability</i> Produk dengan Mengintegrasikan Metode <i>Value Chain</i> dan <i>Group Technology</i> Purnomo Budi Santoso, Agustina Eunike, Ceria Farela Mada Tantrika	L-3



Halaman ini sengaja dikosongkan



ER – ERGONOMIKA



Halaman ini sengaja dikosongk



Analisis Pengaruh *Time Urgency* dan *Traffic Congestion* Terhadap *Situational Awareness* dan *Driving Performance*

Akbar Mohammad Syawqi, Rini Dharmastiti

Pascasarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telp. (0274)521673
E-mail : Akbarsyawqi@gmail.com

Intisari

Indonesia menempati peringkat kelima dunia sebagai negara dengan angka kecelakaan lalu lintas tertinggi dengan kerugian pendapatan kotor negara sebesar 2,9-3,1%. Penyebab utama adalah faktor human error atau perilaku manusia sebagai pengemudi. Situational awareness dibutuhkan pengemudi untuk mengidentifikasi informasi yang relevan dengan kondisi lalu lintas yang dinamis. Kemampuan tersebut berkaitan dengan kondisi mental pengemudi yang banyak dipengaruhi oleh faktor diluar teknik mengemudi. Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh kondisi time urgency dan traffic congestion terhadap situational awareness dan hubungannya dengan driving performance. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan software simulasi mengemudi terhadap 30 responden penelitian dengan memberikan 4 kondisi berbeda kombinasi dari stressor time urgency dan traffic congestion. Pengukuran situational awareness menggunakan kuisoner SAGAT (Situational Awareness Global Assessment Technique) yang diberikan kepada responden selama melakukan simulasi mengemudi. Hasil penelitian menggunakan uji ANOVA repeated measures menunjukkan bahwa skenario pemberian stressor time urgency dan traffic congestion tidak mempengaruhi situational awareness secara signifikan namun secara signifikan berpengaruh terhadap driving performance. Hasil uji regresi menunjukkan bahwa setiap level pada SA berpengaruh signifikan terhadap faktor durasi mengemudi (t) dengan persamaan matematis $t = 0,198 + 0,000 SA_1 + 0,000 SA_2 + 0,000 SA_3$, namun nilai adjusted R square menunjukkan bahwa hanya 12,5% variasi dari faktor durasi mengemudi yang dapat dijelaskan oleh variabel level pada SA sehingga secara statistik tidak ditemukan signifikansi sehingga persamaan matematis tidak dapat digunakan untuk memprediksi nilai SA. Hasil uji ANCOVA untuk variabel lain yaitu jenis kelamin, usia dan pengalaman mengemudi diketahui juga berpengaruh signifikan terhadap beberapa level dalam situational awareness.

Kata Kunci: Kecelakaan Lalu Lintas, Kuisoner SAGAT, Situational Awareness, Time Urgency, Traffic Congestion

1. Pendahuluan

World Health Organization (WHO) menyebutkan dalam *Global Status Report on Road Safety* 2015 bahwa Indonesia menempati peringkat kelima dunia negara dengan angka kecelakaan lalu lintas tertinggi. Angka kecelakaan lalu lintas di Indonesia juga termasuk tinggi diantara negara ASEAN, dengan imbas terhadap pendapatan kotor negara sebesar 2.9-3.1%. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat menyebutkan dalam laporan tahun 2014 angka kecelakaan mencapai 95.906 kejadian dengan peningkatan rata-rata kejadian sejak tahun 2010 mencapai 16,59% dan kerugian mencapai 250 Milyar pada tahun 2014 dengan peningkatan rata-rata kerugian sebesar



23,78% sejak tahun 2010. WHO menyebutkan bahwa penyebab tertinggi kecelakaan lalu lintas adalah faktor *human errors* oleh pengemudi. Laporan Komite Nasional Keselamatan Transportasi pada *Media Release* 2016 menyebutkan hal yang sama bahwa faktor manusia menduduki peringkat pertama sebagai penyebab kecelakaan lalu lintas sejak tahun 2010-2016 dengan angka persentase 69,70%. Tabel 1 menunjukkan laporan kecelakaan lalu lintas oleh WHO pada tahun 2013.

Tabel 1. Menunjukkan data laporan kecelakaan lalu lintas negara ASEAN tahun 2013

Negara ASEAN	Jumlah Penduduk	Jumlah Kejadian	Jumlah Kendaraan	Gross National Income	Gross Impact
Malaysia	29.716.965	6.915	23.819.256	10.43	1,5%
Indonesia	249.865.62	26.416	204.211.13	3.580	2,9-
Filipina	98.393.574	1.469	7.690.058	3.270	2,6%
Vietnam	91.679.733	9.845	40.790.841	1.740	2,9%
Singapor	5.411.737	159	974.170	54.04	-
Thailand	67.010.502	13.650	32.476.977	5.340	3%
Laos	6.769.727	908	1.439.481	1.450	2,7%
Myanma	53.259.018	3.612	4.310.112	-	-

Pengemudi kendaraan harus dapat mengidentifikasi informasi yang relevan dalam suatu kondisi lalu lintas yang dinamis (Kass dkk, 2007) dan memiliki *situational awareness* serta informasi mengenai *system control* kendaraan sehingga pengemudi dapat mengetahui informasi mengenai posisi kendaraan, tujuan, *relative positions*, tingkah laku dari kendaraan lain, dan juga mengetahui bagaimana *critical variables* tersebut dapat berubah di waktu yang akan datang (Walker dkk, 2008).

Faktor *situational* berpengaruh terhadap *situational awareness* termasuk didalamnya tujuan dan keadaan pengemudi (Novi, 2000). *Situational awareness* juga dikatakan berkaitan erat dengan kondisi mental pengemudi yang banyak dipengaruhi oleh faktor diluar teknik mengemudi seperti tekanan pekerjaan, urgensi waktu maupun kemacetan di jalan (Stanton dkk, 2001). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hartel dkk (1991) menunjukkan bahwa *situational awareness* merupakan penyebab utama terhadap lebih dari 200 kecelakaan pesawat terbang, sementara itu penelitian yang dilakukan oleh Hennessy (1999) menunjukkan bahwa pemberian *stressor* terhadap pengemudi berupa *time urgency* dan *traffic congestion* berpengaruh terhadap *aggressive behaviour* dan *state stress* pengemudi. Penelitian ini akan menganalisis bagaimana pengaruh *stressor time urgency* dan *traffic congestion* terhadap *situational awareness* dan pengaruhnya terhadap *driving performance*.

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah analisa dan pengukuran pengaruh *stressor* berupa *time urgency* dan *traffic congestion* terhadap *driving performance* dan *situational awareness* kepada responden dengan melakukan *experiment* menggunakan *driving simulator*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh pemberian *stressor time urgency* dan *traffic congestion* terhadap *situational awareness* dan *driving performance* pengemudi serta harapannya dapat membantu meningkatkan kesadaran terhadap pengemudi akan pentingnya *situational awareness* dalam pengaruhnya terhadap resiko kecelakaan lalu lintas.



2. Metodologi

Data primer dari penelitian ini didapatkan dari hasil pengamatan terhadap simulasi menggunakan *software driving simulator* dan pengisian kuisioner oleh responden selama simulasi berlangsung. Responden merupakan pengemudi kendaraan jenis mobil yang telah memiliki surat ijin mengemudi (SIM A) dan telah memiliki pengalaman mengemudi selama 3-5 tahun.

Design of experiment penelitian ini menggunakan *2x2 factorial design* seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Menunjukkan *Design of Experiment*

Time Stressor	Traffic	
	High	Low
High	High time stressor high traffic	High time stressor low traffic
Low	Low time stressor high traffic	Low time stressor low traffic

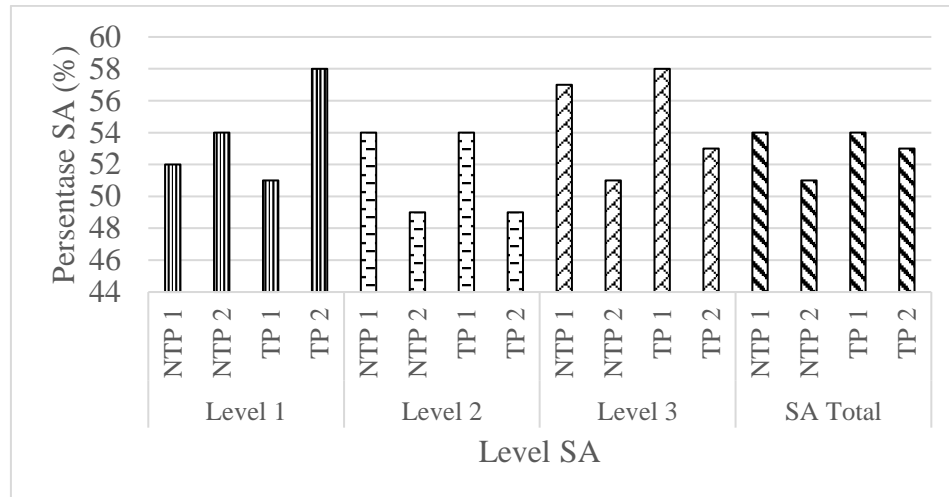
Prosedur *experiment* pada penelitian ini terbagi kedalam dua sesi yaitu sesi latihan dan sesi pengujian, pada sesi latihan responden dibebaskan untuk menggunakan *driving simulator* hingga terbiasa dengan panel dan kemudi dari alat simulator serta diberikan penjelasan sekilas mengenai kuisioner SAGAT. Sedangkan pada sesi pengujian terbagi kedalam sesi NTP (*No time Pressure*) dan sesi TP (*Time Pressure*). Perbedaan dari kedua sesi ini adalah pemberian *stressor* berupa *time urgency* dengan menggunakan *countdown timer* pada sesi TP. Setting *traffic* pada kondisi *low* adalah 30% kepadatan lalu lintas, sedangkan pada kondisi *high traffic* adalah 80% tingkat kepadatan. Selama dalam proses simulasi mengemudi responden akan diminta berhenti pada titik-titik tertentu untuk mengisi kuisioner SAGAT.

Data *situational awareness* didapatkan dari hasil perbandingan jumlah jawaban benar dengan keseluruhan jumlah pertanyaan yang perlu dijawab dalam lembar kuisioner pengukuran dengan metode SAGAT. Perbandingan tersebut dikonversi menjadi nilai dalam bentuk persentase untuk setiap level dalam SA. Terdapat nilai toleransi untuk setiap jawaban yang mendekati benar dan pemberian nilai nol untuk setiap jawaban yang tidak terisi. Data *driving performance* didapatkan dari pengamatan terhadap video rekaman simulasi mengemudi. Informasi yang akan diamati adalah *driving speed*, *top speed*, durasi mengemudi dan total pelanggaran.

3. Hasil dan Pembahasan

Responden pada penelitian ini berjumlah 30 orang dengan 15 orang responden pria dan 15 orang responden wanita. Responden telah memiliki surat ijin mengemudi (SIM A) dengan masa berakhir antara tahun 2018 hingga tahun 2020. Rata-rata usia responden adalah 26.03 tahun dengan standar deviasi sebesar 1.40 tahun dan memiliki rata-rata pengalaman mengemudi selama 4.66 tahun dengan standar deviasi 2.05 tahun. Hasil pengukuran nilai *situational awareness* dengan kuisioner SAGAT dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Menunjukkan Hasil Pengukuran *Situational Awareness*

Gambar 1 menunjukkan bahwa perbedaan cukup mencolok antar sesi NTP dan TP terdapat pada SA level 1 yakni pada skenario NTP 2 dan TP 2, sedangkan pada level SA yang lain perbedaan mencolok hanya terjadi pada skenario sejenis.

Hasil pengamatan *driving performance* untuk faktor *driving speed*, *top speed*, durasi mengemudi, dan total pelanggaran terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Menunjukkan Hasil Pengamatan *Driving Speed*

Kondisi	<i>Driving speed</i> (Km/ Jam)	<i>Top speed</i> (Km/ Jam)	Durasi mengemudi (Jam)	Total pelanggaran
NTP 1	29,04	100,6	0,16	6,4
NTP 2	30,03	110,56	0,19	5,1
TP 1	34,69	107,7	0,14	9,6
TP 2	27,33	114,53	0,21	6,8

Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil pengamatan pada sesi NTP dan TP dimana perbedaan tersebut jika diperhatikan melalui video rekaman simulasi banyak dipengaruhi oleh perubahan perilaku responden yang cenderung menambah kecepatan dalam merespon pemberian *stressor time urgency* namun terkendala oleh *stressor traffic congestion* sehingga banyak didapatkan bahwa hasil pada sesi TP lebih rendah daripada sesi NTP begitu juga sebaliknya pada faktor *driving performance* yang lain.

Uji statistik akan menggunakan ANOVA *repeated measures* untuk melihat pengaruh pemberian stressor terhadap SA dan *driving performance* berikut kedua hipotesis yang dibangun dan hasil yang diperoleh:

1) Uji Hipotesis 1 (H1) : Hasil uji hipotesis 1 menggunakan ANOVA *repeated measures* untuk melihat pengaruh *stressor* berupa *time urgency* dan *traffic congestion* terhadap *situational awareness* ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Menunjukkan Hasil Uji ANOVA *repeated measures* terhadap *Situational Awareness*

Level SA	<i>Sphericity Sig.</i>	<i>Method</i>	<i>Sig.</i>	Signifikan
Level 1	0,225	<i>Greenhouse-Geisser</i>	0,187	Tidak
Level 2	0,313	<i>Greenhouse-Geisser</i>	0,182	Tidak
Level 3	0,811	<i>Greenhouse-Geisser</i>	0,361	Tidak

Hasil uji pada Tabel 4 menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh signifikan dari *stressor time urgency* dan *traffic congestion* terhadap *situational awareness*.



2) Uji Hipotesis 2 (H2) : hasil uji hipotesis 2 menggunakan ANOVA *repeated measures* untuk melihat pengaruh *stressor time urgency* dan *traffic congestion* terhadap faktor dalam *driving performance* ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Menunjukkan Hasil Uji ANOVA *Repeated Measures* terhadap *Driving Performance*

<i>Driving Performance</i>	<i>Sphericity Sig.</i>	<i>Method</i>	<i>Sig.</i>	<i>Signifikan</i>
<i>Driving Speed</i>	0,198	<i>Greenhouse-Geisser</i>	0,001	Ya
<i>Top Speed</i>	0,292	<i>Greenhouse-Geisser</i>	0,001	Ya
Durasi Mengemudi	0,271	<i>Greenhouse-Geisser</i>	0,001	Ya
Total Pelanggaran	0,185	<i>Greenhouse-Geisser</i>	0,001	Ya

Hasil uji pada Tabel 5 menunjukkan bahwa *stressor time urgency* dan *traffic congestion* berpengaruh signifikan terhadap *driving performance*.

3) Uji regresi : hasil uji regresi menunjukkan bahwa pada faktor durasi mengemudi (t) nilai *intercept* dan *slope* pada setiap level SA bernilai *sig.* Dibawah 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa faktor durasi mengemudi (t) berpengaruh signifikan meski secara statistik tidak dapat memprediksi nilai SA dikarenakan nilai *adjusted square R* yang hanya mewakili 12,5% dari variasi data untuk faktor durasi mengemudi. Persamaan matematis yang diperoleh adalah sebagai berikut.

$$t = 0,198 + 0,000 \text{ SA } 1 + 0,000 \text{ SA } 2 + 0,000 \text{ SA } 3 \quad (1)$$

4) Uji ANCOVA : hasil uji ANCOVA dengan variabel tambahan jenis kelamin, usia dan pengalaman mengemudi menunjukkan bahwa jenis kelamin berpengaruh terhadap SA level 2. Variabel usia tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan namun pada variabel pengalaman mengemudi terdapat pengaruh yang signifikan pada SA level 2 dan 3.

4. Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *stressor time urgency* dan *traffic congestion* tidak berpengaruh terhadap SA namun berpengaruh signifikan terhadap *driving performance*. Hasil dari penelitian ini juga menunjukkan bahwa faktor durasi mengemudi dalam *driving performance* berpengaruh signifikan terhadap *situational awareness* dibandingkan faktor lain. Hasil uji regresi menghasilkan persamaan matematis untuk faktor durasi mengemudi meski persamaan tersebut tidak dapat digunakan untuk memprediksi SA karena nilai *adjusted square R* yang hanya sebesar 12,5% persamaan matematis tersebut adalah sebagai berikut.

$$t = 0,198 + 0,000 \text{ SA } 1 + 0,000 \text{ SA } 2 + 0,000 \text{ SA } 3 \quad (1)$$

Variabel lain dalam penelitian ini yang turut berpengaruh terhadap *situational awareness* adalah variabel jenis kelamin dan pengalaman mengemudi. Variabel jenis kelamin berpengaruh signifikan terhadap SA level 2, sedangkan variabel pengalaman mengemudi berpengaruh signifikan terhadap SA level 2 dan SA level 3.

Daftar Pustaka

- Direktorat Jendral Perhubungan Darat, 2015, *Perhubungan Darat Dalam Angka 2014*, Kementerian Perhubungan, Jakarta.
- Hartel, C. E. J., Smith, K. A., and Prince, C., 1991, Defining Aircrew Coordination: Searching Mishaps for Meaning, *6th International Symposium on Aviation Psychology*, Ohio State University Department of Aviation, Ohio.
- Hennessy, D. A. and Wiesensthal, D. L., 1999, Traffic Congestion, Driver Stress, and Driver Aggression, *Aggressive Behavior*, 25, 409-423.
- Kass, S. J., Cole, K. S., and Stanny, C. J., 2007, Effects of Distraction and Experience on Situation Awareness and Simulated Driving. *Transportation Research Part F*, 10, 321-329.



- Ketua Sub Komite Investigasi Kecelakaan LLAJ, 2016, *Data Investigasi Kecelakaan LLAJ Tahun 2010-2016*, KNKT,
- Nofi, A. A., 2000, *Defining and Measuring Shared Situational Awareness*, DTIC Document, Center for Naval Analyses, Virginia.
- Stanton, N. A., Chambers, P. R. G., and Piggott, J., 2001, Situational Awareness and Safety, *Safety Science*, 39, 189-204.
- Walker, G. H., Stanton, N. A., and Young, M. S., 2008, Feedback and Driver Situation Awareness (SA): A Comparison of SA Measures and Contexts. *Transportation Research Part F*, 11, 282-299.
- World Health Organization. 2015. *Global Status Report on Road Safety. Italy*.



Perancangan Ulang Rak Penyimpanan Galon dan Alat Bantu Angkat dengan Metode Ergonomi Partisipatori

Didik Adji Sasongko, Hari Purnomo

Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km. 14, Sleman Yogyakarta
Telepon (0274) 895287 ekst 147
E-mail: 16916102@students.uui.ac.id

Intisari

Rak penyimpanan galon diperlukan untuk menjaga kualitas air minum. Banyak aktivitas penanganan material yang dilakukan oleh pekerja terkait dengan penyimpanan galon air minum. Aktivitas tersebut berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan dan risiko cedera MSDs pada pekerja. Oleh karena itu, perancangan ulang rak penyimpanan galon dan alat bantu angkat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pekerja. Metode perancangan ulang yang digunakan adalah metode ergonomi partisipatori, yaitu melibatkan pihak-pihak yang berkompeten secara aktif untuk bersama-sama mengidentifikasi permasalahan dan memberikan usulan-usulan perbaikan perancangan ulang dalam Focus Group Discussion (FGD). Hasil dari perancangan ulang terdiri dari 3 komponen, yaitu (1) rak penyimpanan dengan dimensi tetap namun ditambahkan fitur pengaman; (2) meja hidrolis dengan dimensi 91 cm (p) x 50 cm (l) dengan tinggi maksimum 130 cm & minimum 35,5 cm; (3) footstep yang digunakan untuk penanganan material pada rak bagian atas dengan dimensi 60 cm (p) x 35 cm (l_1) & 50 cm (l_2) x 23,5 cm (t_1) & 47 cm (t_2). Evaluasi hasil perancangan ulang dengan menggunakan perhitungan Lifting Index menunjukkan penurunan nilai LI dari 1,78 – 2,31 menjadi 0,94 yang berarti pekerjaan ini tidak mengandung risiko cedera punggung.

Kata Kunci: perancangan ulang, rak penyimpanan galon, alat bantu angkat, ergonomi partisipatori

1. Pendahuluan

Air minum merupakan kebutuhan dasar manusia yang perlu dijaga kualitasnya. Untuk menjaga kualitas air minum diperlukan tempat penyimpanan yang baik terutama pada tempat dengan keterbatasan persediaan. Anjungan lepas pantai merupakan salah satu tempat dengan persediaan air minum yang terbatas. Oleh karena itu, air minum dipasok dengan kemasan galon (botol poli-etilen berkapasitas 19 liter) dan ditempatkan dalam tempat atau rak penyimpanan yang dapat menjaga kualitasnya. Pada proses penyimpanan air minum, banyak melibatkan aktivitas penanganan material secara manual, berupa pengangkatan, penurunan, penarikan, penggeseran botol galon air minum. Menurut California Department of Industrial Relations (2007) penanganan didefinisikan sebagai pergerakan tangan pekerja pada suatu barang secara manual dengan mengangkat, menurunkan, mengisi, mengosongkan atau membawa barang. Penanganan material secara manual berpotensi terhadap risiko cedera pada pekerja apabila tidak dilakukan dengan benar. Pekerjaan yang berulang dan berkelanjutan akan menyebabkan kelelahan dan ketidaknyamanan, dan seiring waktu akan menyebabkan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) (California Department of Industrial Relations, 2007).

Cedera akibat penanganan material secara manual akan berdampak menurunnya produktivitas pekerja dan kerugian bagi perusahaan. Data statistik United Kingdom (UK)



menunjukkan bahwa penanganan material menjadi penyebab dari 24% jumlah total cedera yang ada di Britania Raya dan menyebabkan kehilangan rata-rata 6,6 hari kerja pada setiap kasus (Health and Safety Executive, 2014). Sedangkan di Amerika Serikat, ada 356910 kasus cedera yang disebabkan MSDs dan jumlah tersebut merupakan 31% dari total kasus yang ada. Pekerja yang terkena cedera tersebut membutuhkan rata-rata 12 hari untuk kembali bekerja (Bureau of Labor Statistic, 2015).

Upaya untuk menurunkan risiko MSDs pada penanganan material terutama pengangkatan, perlu dilakukan penilaian risiko pekerjaan. *National for Occupational Safety and Health* (NIOSH) memberikan metode perhitungan risiko kerja berdasarkan analisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pekerja dalam melakukan aktivitas pengangkatan berupa *lifting equation* (Waters, et al., 1994; Lu, et al., 2016). Tujuan perhitungan *lifting equation* adalah untuk mendapatkan perbandingan berat beban yang akan diangkat dengan batas berat yang direkomendasikan. Selain penilaian risiko kerja penanganan material, hal lain yang perlu dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan ketidaknyamanan dalam bekerja adalah perancangan ulang alat dan penambahan alat bantu. Perancangan alat yang baik perlu melibatkan seluruh pihak yang berkaitan dengan pekerjaan tersebut. Metode pelibatan seluruh pihak ini dikenal dengan ergonomi partisipatori. Metode ergonomi partisipatori adalah sebuah konsep melibatkan penggunaan teknik partisipatif dan bentuk-bentuk partisipasi lainnya di suatu tempat kerja (Hignett, et al., 2005).

Pada penelitian perancangan alat dengan metode ergonomi partisipatori, penyelesaian masalah dilakukan melalui diskusi bersama oleh pihak-pihak terkait dengan bidang keahlian yang berbeda-beda dalam sebuah *Focus Group Discussion* (FGD). Beberapa penelitian yang berkaitan dengan rak penyimpanan telah dilakukan. Abidin (2013) melakukan perancangan rak buku ergonomis untuk memudahkan pengambilan buku. Aryani (2005) melakukan analisa desain rak *filing* dan *lay out*. Sedangkan untuk perancangan alat yang berdasarkan metode ergonomi partisipatori juga telah banyak dilakukan seperti perancangan alat pengering kerupuk dengan menggunakan metode ergonomi partisipatori (Hidayat dan Purnomo, 2014). Alat yang dihasilkan mampu menghemat tempat, mengontrol suhu secara otomatis dan memberikan kenyamanan pada pekerja. Sedangkan Widananto dan Purnomo (2013) juga telah melakukan perancangan mesin pengupas sabut kelapa berbasis ergonomi partisipatori. Alat tersebut mampu mempermudah pekerja dalam pengoperasiannya dengan tetap mempertimbangkan aspek keamanan dan kenyamanan. Sedangkan pada penelitian dilakukan perancangan ulang rak penyimpanan galon dan alat bantu angkat dengan metode partisipatori di anjungan lepas pantai yang belum pernah dikaji.

2. Metodologi

2.1. Obyek dan Subyek Penelitian

Obyek penelitian ini adalah rak penyimpanan galon yang berada pada unit kerja kontraktor catering di Anjungan Lepas Pantai “X”. Anjungan ini berlokasi di lepas pantai Selat Makassar, Kabupaten Pulau Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Penelitian ini dilaksanakan pada rentang waktu bulan Juni-Juli 2017. Sedangkan subyek penelitian partisipatori adalah pihak-pihak yang berkaitan dengan pekerjaan penanganan material dan berkompeten di bidangnya, berjumlah 4 (empat) orang yaitu wakil pekerja, supervisor, mekanik, dokter Kesehatan & Keselamatan Kerja (K3) dan ahli ergonomi. Pihak-pihak tersebut diundang sebagai peserta FGD.



2.2. Prosedur Penelitian

2.2.1. Tahap persiapan

Tahap persiapan dilakukan sebelum pelaksanaan penelitian. Tahap persiapan ini meliputi: (1) Observasi awal untuk mengetahui kondisi rak penyimpanan galon yang ada dan peralatan yang berkaitan dengan pekerjaan penanganan material; (2) Persiapan materi yang akan dibahas dalam FGD; (3) Pemilihan pihak-pihak yang akan terlibat dalam FGD.

2.2.2. Tahap pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan FGD. FGD awal dilakukan pengamatan dan pengujian berhubungan dengan keselamatan kerja pada alat yang ada. Pihak-pihak yang terlibat melakukan diskusi untuk mengidentifikasi masalah yang ada serta memberi masukan yang terkait dengan perancangan alat. Dari hasil akhir perancangan alat, diharapkan mampu memberikan solusi permasalahan serta memenuhi atau menyesuaikan kebutuhan dari pengguna alat tersebut (Hainer & Wilson, 1998). Selanjutnya menghitung dimensi rak penyimpanan galon, demonstrasi prosedur pengangkatan galon dan pengumpulan data-data lain yang berkaitan dengan perhitungan *Lifting Index*. Data-data yang dikumpulkan yaitu (1) Berat galon yang diangkat; (2) Jarak horizontal beban dari titik berat tubuh; (3) Jarak vertikal beban yang dipindah dari lantai; (4) Sudut pemindahan beban dari posisi pengangkatan tepat di depan tubuh; (5) Frekuensi pemindahan dalam satuan waktu; (6) *Coupling* atau posisi penggengaman tangan terhadap beban.

Wawancara kepada pekerja dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pekerja sudah memahami teknik penanganan material dengan benar, prosedur kerja pengangkatan galon serta untuk mengidentifikasi kebutuhan pekerja yang berhubungan dengan desain rak penyimpanan galon sehingga pekerja dapat bekerja dengan aman dan nyaman.

2.2.3. Tahap analisis & implementasi

Pada tahap ini dilakukan analisis dan implementasi konsep ergonomi partisipatori dengan pihak-pihak yang berkompeten di bidangnya dalam forum FGD. Pihak-pihak tersebut mengidentifikasi permasalahan yang ada serta membahas usulan-usulan perbaikan untuk merancang ulang rak penyimpanan galon. Peneliti bertindak selaku fasilitator dan pengarah diskusi agar diskusi tetap pada jalurnya. Dengan partisipasi aktif masing-masing pihak dalam FGD, diskusi diharapkan mampu menghasilkan solusi bagi permasalahan yang ada sehingga menghasilkan rancangan yang sesuai dengan kebutuhan pekerja. Pada penelitian ini, FGD dilakukan sebanyak 3 kali dengan tahapan sebagai berikut:

- FGD I : Identifikasi permasalahan yang ada dan usulan perbaikan dari masing-masing pihak.
- FGD II : Membahas alternatif rancangan yang dipresentasikan oleh peneliti serta usulan tambahan.
- FGD III: Membahas rancangan akhir dari peneliti dan usulan tambahan jika ada. Apabila tidak ada usulan tambahan, maka rancangan akhir disepakati bersama.

2.2.4. Tahap perancangan ulang

Tahap perancangan ulang ini merupakan tindak lanjut dari konsep partisipatori pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini, usulan perbaikan dari masing-masing pihak ditampung dan diimplementasikan dalam perancangan. Perancangan ulang ini juga melibatkan pihak-pihak yang terlibat dalam FGD. Setelah desain perancangan ulang selesai, maka kembali didiskusikan dalam FGD untuk mengidentifikasi kekurangan dan mengumpulkan usulan-usulan untuk perbaikan desain selanjutnya.

2.2.5. Tahap evaluasi

Setelah perancangan ulang disepakati dan selesai dibuat, maka tahap selanjutnya adalah tahap evaluasi. Pada tahap ini, dilakukan uji coba pengangkatan galon menggunakan rak penyimpanan baru dan alat bantu angkat. Data-data yang berhubungan dengan perhitungan *Lifting*

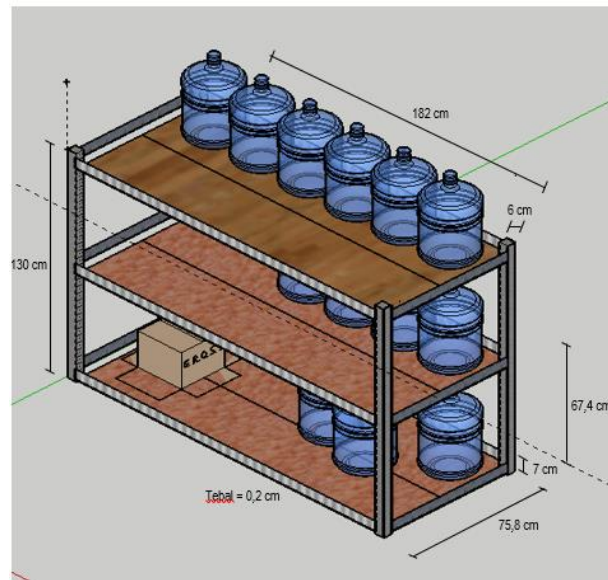


Index kembali dikumpulkan untuk mengevaluasi nilai risiko sebelum dan sesudah perancangan ulang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi Awal Rak Penyimpanan

Dimensi dan kondisi rak penyimpanan yang digunakan saat ini ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Sketsa Rak Penyimpanan Galon

Keterangan:

Panjang	: 182 cm	Lebar rangka	: 6 cm
Lebar	: 75,8 cm	Material rangka	: Besi
Tinggi level atas	: 130 cm	Material lantai rak	: Alumunium
Tinggi level tengah	: 67,4 cm	Kapasitas penyimpanan per level	: 12 buah
Tinggi level bawah	: 7 cm	Kapasitas penyimpanan total	: 36 buah
Tebal	: 0,2 cm		

Kondisi rak tersebut masih dalam kondisi baik dengan rangka dan sambungan kuat serta kokoh. Pengait antar rangka sudah dirancang dapat dimasukkan dan otomatis akan mengunci. Lantai rak menggunakan alumunium yang disusun sejajar dengan lebar masing-masing 15 cm. Hasil wawancara awal yang dilakukan menunjukkan bahwa pekerja sudah mengetahui teknik pengangkatan galon dengan benar. Perhatian terhadap K3 sudah diimplementasikan dalam prosedur kerja. Menurut wakil dari pekerja, prosedur pengangkatan galon sebagai berikut: (1) Meletakkan galon di antara badan dan rak; (2) Melipat kaki dan posisi jongkok, punggung tetap dalam keadaan lurus; (3) Meletakkan tangan kiri di bagian dasar galon dan tangan kanan di bagian leher gallon; (4) Mengangkat galon dengan menggunakan kekuatan kaki dan meletakkan ke bagian rak diinginkan; dan (5) Menata ulang galon dengan cara mendorong atau menggeser ke arah yang diinginkan.

Hasil identifikasi awal kebutuhan pekerja dalam pengangkatan dan penyimpanan galon adalah: (1) Perlu adanya pijakan kaki untuk menjangkau galon di level bagian atas; (2) Perlu tambahan pengaman untuk bagian samping dan belakang untuk mengurangi potensi galon terjatuh; (3) Perlu alat bantu angkat untuk mengurangi beban pengangkatan galon.



3.2. Focus Group Discussion (FGD)

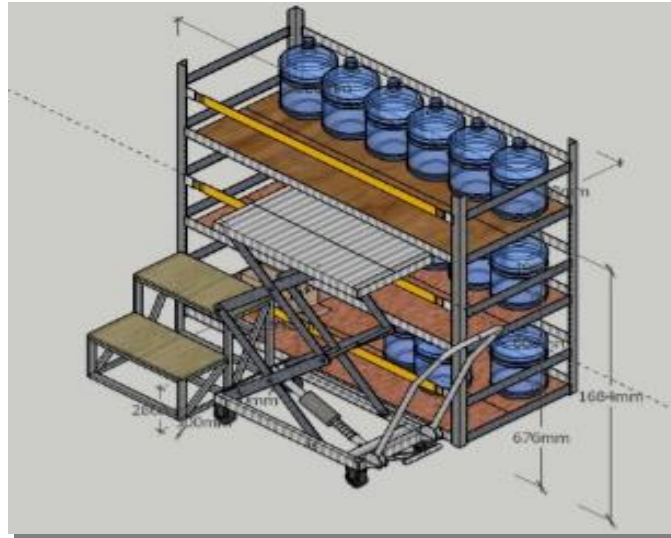
FGD sebagai implementasi konsep ergonomi partisipatori dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu minggu ke-2 bulan Juni 2017, minggu ke-4 bulan Juni 2017, dan minggu ke-2 bulan Juli 2017. Diskusi ini melibatkan pihak pekerja, supervisor, mekanik, dokter K3 dan ahli ergonomi serta peneliti sebagai mediator. Pada awalnya, peneliti memaparkan permasalahan yang ada berdasarkan observasi awal dan identifikasi kebutuhan pekerja berdasarkan hasil wawancara. Hasil FGD tahap I dijelaskan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil FGD tahap I

No	Peserta	Kendala saat ini	Usulan perbaikan
1	Pekerja	a. Penyimpanan galon bagian atas susah dijangkau. b. Potensi galon terjatuh dari samping dan belakang	a. Perlu pijakan kaki. b. Penambahan kawat anyaman di belakang dan samping yang mudah dibuka/tutup apabila diperlukan.
2	Supervisor	a. Potensi galon terjatuh ke arah samping. b. Penyimpanan bagian atas sulit dijangkau. c. Penyimpanan bagian bawah sulit dijangkau.	a. Tambahan pagar sudah dipertimbangkan, namun akan mengurangi jumlah galon yang dapat disimpan. b. Perlu pijakan kaki untuk menjangkau bagian atas. c. Penyimpanan bagian bawah diperlebar dengan menaikkan level rak bagian tengah. d. Perlu meja hidrolik yang dapat di naik-turunkan pada setiap level daripada membongkarnya.
3	Mekanik	a. Tidak ada <i>guide rail</i> di bagian samping dan belakang. b. Jangkauan bagian atas sulit.	a. Perlu ditambahkan <i>guide rail</i> atau jaring pengaman. b. Perlu adanya pijakan kaki.
4	Dokter K3	a. Selama ini fokus pada penyimpanan sebanyak mungkin. b. Adanya risiko cedera karena adanya aktivitas pengangkatan, penurunan, penarikan galon (beban 19 kg).	a. Untuk melonggarkan ruang penyimpanan, perlu menambah rak dan lokasi penempatannya. b. Perlu adanya alat bantu untuk mengangkat dan mengambil galon, berupa meja hidrolik. c. Dasar rak perlu dilapisi lapisan yang lebih licin agar mengurangi usaha dalam penarikan beban.

Berdasarkan usulan-usulan perbaikan yang didapatkan dari FGD tahap I, maka perbaikan rancangan rak adalah dimensi rak penyimpanan tetap, bagian atas ditambah *guide rail* supaya galon tidak berpotensi jatuh, pengaman samping dan belakang dapat berupa *guide bar* atau jaring, pengaman bagian depan berupa *strap*, tambahan lapisan teflon pada lantai rak agar mempermudah penggeseran galon, meja hidrolik (*lifting table*) dengan tinggi maksimum menyesuaikan level rak bagian atas dan *footstep* yang menyesuaikan posisi tubuh pekerja. Usulan rancangan hasil FGD tahap I ditunjukkan pada Gambar 2.





Gambar 2. Usulan rancangan hasil FGD tahap I

Hasil rancangan ulang rak penyimpanan dan alat bantu angkat berupa meja hidrolik, selanjutnya dilakukan FGD tahap II. Rancangan ulang rak penyimpanan dipresentasikan dalam diskusi bersama pihak-pihak terkait. Kemudian masing-masing pihak memberikan usulan-usulan berkaitan dengan rancangan. Hasil FGD tahap II didapatkan hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil FGD tahap II

No	Peserta	Pendapat untuk desain & usulan perbaikan
1	Pekerja	<ul style="list-style-type: none">a. Pengaman samping dan belakang sebaiknya menggunakan <i>guide bar</i>, karena apabila menggunakan jaring akan susah dalam menarik/ menggeser galon dari sampingb. Pengaman depan dapat menggunakan <i>guide bar</i> atau <i>strap</i> sehingga mudah dibongkar-pasang.c. Penggunaan meja hidrolik dan <i>footstep</i> akan memudahkan pekerjaan, namun perlu diperjelas cara pemakaiannya.
2	Supervisor	<ul style="list-style-type: none">a. Pengaman samping/belakang menggunakan <i>guide bar</i> untuk memudahkan operasional.b. Pengaman depan sebaiknya menggunakan <i>strap</i> dari nilon sehingga tidak membahayakan dibandingkan menggunakan besi.c. Memperpanjang tiang sangat membantu supaya galon bagian atas tidak jatuh.d. <i>Footstep</i> sebaiknya menggunakan bahan yang ringan sehingga mudah dipindah-pindah.e. <i>Handle</i> meja hidrolik sebaiknya dapat dilipat, sehingga saat penyimpanannya dapat menghemat tempat.
3	Mekanik	<ul style="list-style-type: none">a. Meja hidrolik sangat membantu pengangkatan/ penurunan galon. Bagian-bagian rangka perlu diberi tanda untuk menghindari bahaya terjepit apabila meja diturunkan.b. <i>Footstep</i> diberi permukaan yang abrasif agar tidak licinc. <i>Handle</i> meja hidrolik harus dibaut dengan kuat untuk menambah gaya dorong. Konsekuensinya tidak mudah dilepas-pasang.



- 4 Dokter K3
- Tinggi *footstep* menyesuaikan posisi pekerja dengan posisi platform meja hidrolik dan tinggi rak bagian atas. Sehingga perlu menyesuaikan tinggi pekerja (setinggi pusar/pinggul)
 - Lebar *footstep* bagian atas (tempat pijakan pekerja) adalah 1,5 x panjang telapak kaki pekerja dan ditambah kelonggaran untuk memberikan ruang untuk kaki dengan posisi depan-belakang, sehingga memberikan kekuatan gaya yang lebih untuk pekerja.
 - Lebar *footstep* yang bawah, ditambahkan kelonggaran dari panjang telapak kaki pekerja.

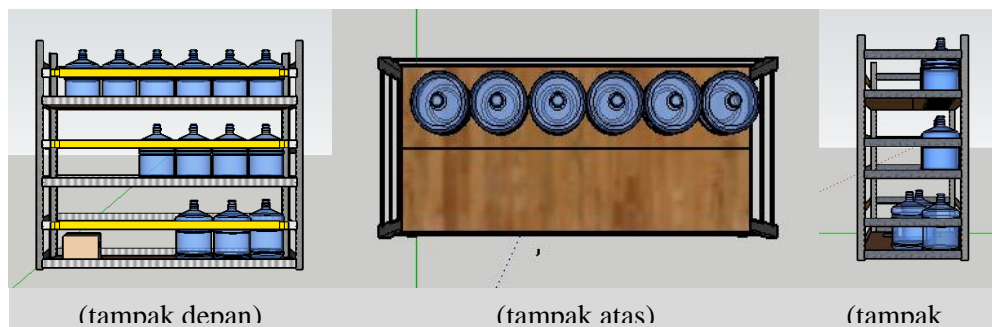
Hasil FGD II di atas, rancangan rak penyimpanan dan alat bantu angkat kembali dikembangkan. Hasilnya kembali didiskusikan dalam FGD tahap III dan disepakati oleh semua pihak.

3.3. Hasil Perancangan Ulang

Hasil FGD dijadikan sebagai dasar dalam perancangan ulang rak penyimpanan galon dan alat bantu. Rancangan ini terdiri dari 3 komponen, yaitu rak penyimpanan, meja hidrolik, pijakan kaki (*footstep*).

1. Rak penyimpanan galon

Dimensi rak penyimpanan galon dibuat tetap, namun ada beberapa fitur tambahan yaitu rak bagian atas ditambahkan *guide rail* untuk keamanan penyimpanan galon. Pengaman rak bagian samping dan belakang menggunakan *guide bar*, sedangkan bagian depan menggunakan *strap* dari nilon. Lantai rak menggunakan lapisan teflon agar memudahkan penggeseran galon.

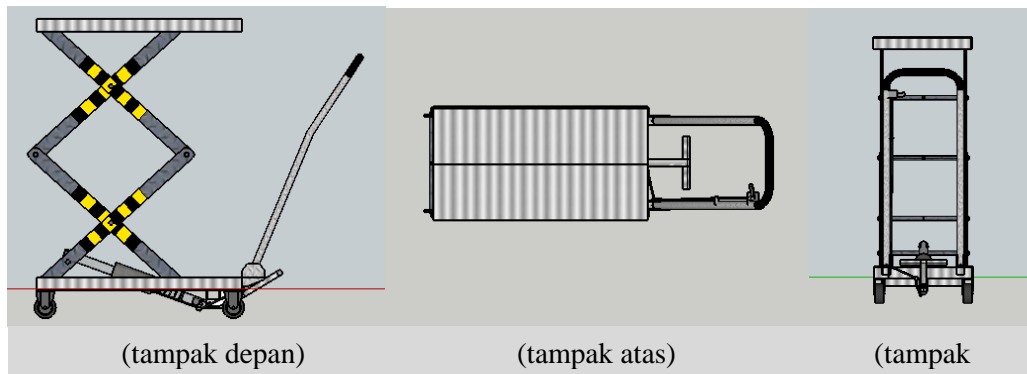


Gambar 3. Rancangan rak penyimpanan galon

2. Meja hidrolik

Desain meja hidrolik yang digunakan sebagai alat bantu angkat ini menyesuaikan produk yang sudah ada, yaitu TFD35 *Double Scissor Lift Table* dari Pallet Trucks UK (Manual Pallet Truck, 2017). Meja hidrolik ini menggunakan satu buah dongkrak hidrolik dan rangka besi dengan sistem gunting ganda. Bagian dasarnya dilengkapi dengan *handle* dan 4 buah roda untuk kemudahan mobilitas. Sedangkan meja atas menggunakan material besi yang dilapisi dengan lapisan alumunium. Pada bagian rangka meja hidrolik diberi tanda bahaya terjepit, berupa bidang kotak berwarna hitam dan kuning. Pemilihan warna ini ditentukan saat FGD dan dianggap kontras sehingga dapat perhatian oleh pekerja saat mengoperasikannya. Untuk menaikkan platform atas, pekerja harus menginjak pedal untuk memompa dongkrak hidrolik yang terpasang di bawah. Sedangkan menurunkan, pekerja cukup menekan tuas yang dihubungkan dengan *equalizing valve* pada dongkrak. *Equalizing valve* ini berfungsi untuk menurunkan tuas dongkrak dan mengembalikan oli hidrolik ke reservoirnya. Dimensi meja hidrolik ini adalah: meja atas = 91 cm (p) x 50 cm, tinggi maksimum 130 cm, tinggi minimum 35,5 cm dan kapasitas beban 350 kg (Manual Pallet Truck, 2017).





Gambar 4. Rancangan meja hidrolik (Manual Pallet Truck, 2017)

3. Pijakan Kaki (*footstep*)

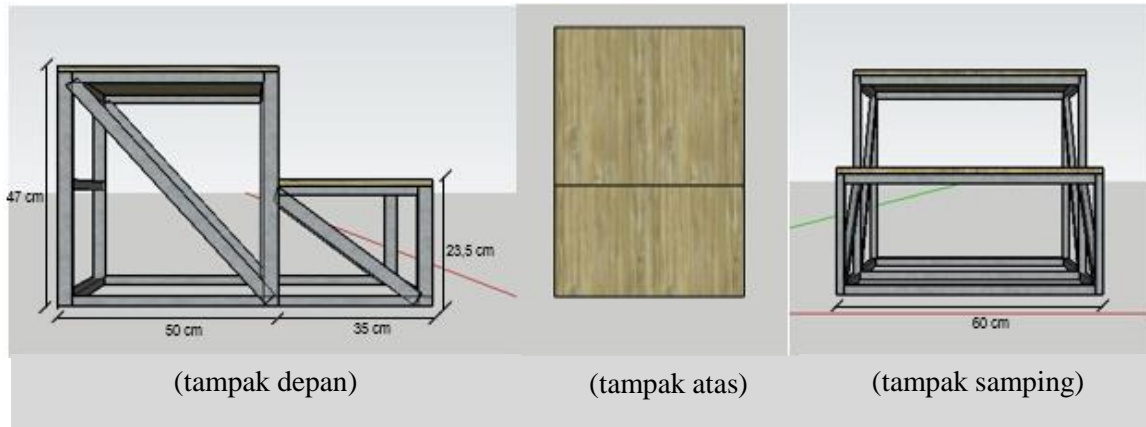
Pijakan kaki dibutuhkan oleh pekerja dalam melakukan penanganan material pada bagian atas rak. Hasil FGD, usulan desain *footstep* adalah: (1) Tinggi *footstep* menyesuaikan tinggi pekerja terhadap level rak bagian atas; (2) Lebar *footstep* bagian bawah ditambah kelonggaran, sedangkan bagian atas diperlebar 1,5 kalinya dan ditambah kelonggaran; (3) Permukaan *footstep* menggunakan material abrasif.

Penentuan dimensi *footstep* berdasarkan data antropometri orang laki-laki warganegara asli Indonesia. Data-data yang diperlukan antara lain: P_{95} lebar bahu (bideltoid) 52 cm, P_5 tinggi pinggul 83 cm, dan P_{95} panjang kaki 29 cm (Purnomo, 2013). Panjang *footstep* ditentukan dengan menghitung lebar kaki yang dibuka menyesuaikan persentil ke-95 dari lebar bahu (52 cm) saat bekerja ditambahkan kelonggaran masing-masing 4 cm di sisi kiri dan kanan, sehingga panjang *footstep* adalah 60 cm. Tinggi *footstep* menyesuaikan permukaan platform bagian atas agar sejajar dengan pinggul pekerja sehingga memudahkan pekerja dalam mengangkat dan mengatur galon pada platform bagian atas. Tinggi *footstep* ditentukan dengan pengurangan tinggi platform bagian atas (130 cm) dengan persentil ke-5 tinggi pinggul (83 cm) sehingga didapatkan tinggi *footstep* adalah 47 cm. Untuk memudahkan kaki pekerja dalam menaiki *footstep*, maka *footstep* harus dibagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian atas dan bawah.

Lebar *footstep* pada bagian bawah ditentukan oleh persentil ke-95 dari panjang kaki (29 cm) ditambah kelonggaran masing-masing 3 cm untuk bagian depan dan belakang kaki, sehingga lebar *footstep* bagian bawah adalah 35 cm. Sedangkan lebar *footstep* bagian atas adalah 1,5 kali panjang kaki (43,5 cm) agar kaki pekerja mendapat ruang yang lebih lebar dan ditambahkan kelonggaran masing-masing 3 cm pada bagian depan dan belakang, sehingga lebar *footstep* adalah 49,5 cm (dibulatkan menjadi 50 cm). Dimensi akhir desain *footstep* adalah sebagai berikut:

- *Footstep* tingkat 1: 60 cm (p) x 35 cm (l) x 23,5 cm (t)
- *Footstep* tingkat 2: 60 cm (p) x 50 cm (l) x 47 cm (t)

Material *footstep* terbuat dari baja ringan yang dicat sehingga kuat dan tahan korosi. Di bagian atasnya diberi lapisan abrasif, sehingga menghindarkan kaki dari potensi terpeleset.



Gambar 5. Rancangan *footstep*

3.4. Evaluasi *Lifting Index*

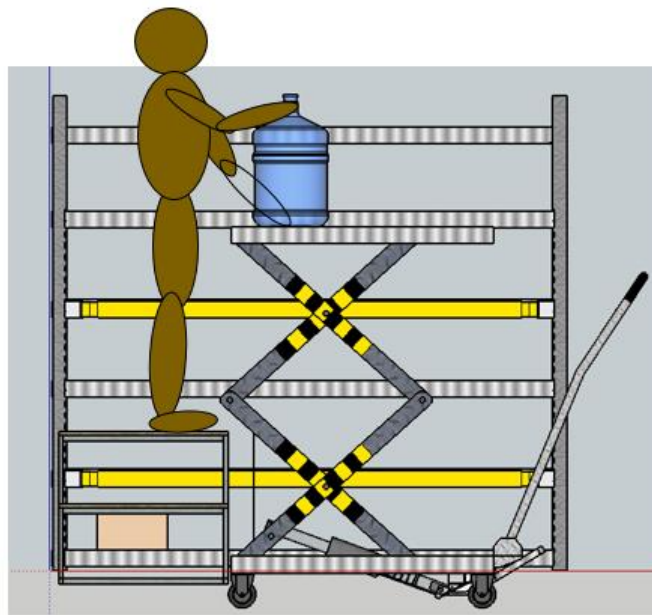
Salah satu tujuan perancangan ulang ini adalah untuk menurunkan risiko terjadi cedera MSDs yang berpotensi dialami oleh pekerja. Tolok ukur nilai risiko adalah *Lifting Index*. Nilai akhir LI akan dijadikan acuan dalam menentukan risiko kerja pengangkatan galon. Nilai $LI < 1$ berarti berat beban yang dipindahkan tidak melebihi batas beban yang direkomendasikan sehingga pekerjaan tidak mengandung risiko cedera. Apabila nilai $LI > 1$, maka berat beban sudah melebihi berat yang direkomendasikan sehingga pekerja berisiko mengalami cedera tulang belakang (*low back pain*) yang berkaitan dengan pekerjaan pengangkatan (Waters, et al., 1994). Hasil perhitungan nilai LI sebelum dan sesudah perancangan ulang dapat diketahui pada tabel berikut:

Tabel 3. Perhitungan nilai LI

No	Aktivitas	Nilai LI sebelum perancangan ulang	Nilai LI sesudah perancangan ulang
1	Pengangkatan galon ke level bawah	1,82	0,94
2	Pengangkatan galon ke level tengah	1,78	0,94
3	Pengangkatan galon ke level atas	2,31	0,94

Hasil perhitungan, didapatkan hasil penurunan nilai LI antara sebelum dan sesudah perancangan ulang. Nilai LI sebelum berada di antara 1,78 – 2,31, yang artinya pekerja berisiko mengalami cedera karena beban melebihi batas yang direkomendasikan (RWL). Setelah perancangan ulang, nilai LI berkurang menjadi 0,94 di setiap level. Hal ini dikarenakan penggunaan alat bantu angkat berupa meja dongkrak yang berfungsi mengurangi jarak pengangkatan secara signifikan. Kondisi tersebut dapat terwujud apabila pekerja memenuhi tindakan pencegahan sebagai berikut: (1) Jarak tubuh pekerja dengan galon sedekat mungkin, maksimal 25 cm; (2) Pada saat pemindahan galon, tubuh pekerja tidak memutar (*twisting*); dan (3) Tangan terkuat menggenggam leher galon, sedangkan tangan terlemah menahan dasar galon.





Gambar 6. Proses pengangkatan galon menggunakan alat bantu

4. Kesimpulan

Metode ergonomi partisipatori yang digunakan untuk merancang ulang rak penyimpanan galon dan alat bantu di Anjungan Lepas Pantai “X” menghasilkan tiga buah komponen utama, yaitu: (1) rak penyimpanan dengan dimensi tetap namun ditambahkan fitur pengaman; (2) meja hidrolik dengan dimensi 91 cm (p) x 50 cm (l), tinggi maksimum 130 cm & minimum 35,5 cm; (3) pijakan kaki/footstep yang digunakan untuk penanganan material di rak bagian atas dengan dimensi 60 cm (p) x 35 cm (l₁) & 50 cm (l₂) x 23,5 cm (t₁) & 47 cm (t₂). Perancangan ulang ini mampu memenuhi kebutuhan pekerja dari sisi keamanan dan kenyamanan. Dari hasil evaluasi menggunakan perhitungan *Lifting Index*, terdapat penurunan nilai LI dari 1,78 – 2,31 menjadi 0,94. Nilai LI akhir yang kurang dari 1,0 menunjukkan pekerjaan ini tidak mengandung risiko cedera punggung.

Daftar Pustaka

- Abidin, M. S., 2013, *Tugas Akhir: Rancang Bangun Rak Buku Secara Ergonomis*, Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Wijaya Putra, Surabaya.
- Aryani, D., 2005, *Tugas Akhir: Analisa Desain Rak Filling dan Lay Out Ruang Berdasarkan Antropometri Petugas dan Pertambahan Dokumen RS di RS Panti Wilasa Semarang*, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro, Semarang.
- Bureau of Labor Statistic, 2015, *Nonfatal Occupational Injuries and Illnesses Requiring Days Away from Work 2015*, US Department of Labor, Washington D.C.
- California Department of Industrial Relations, 2007, *Ergonomic Guidelines For Manual Material Handling*, NIOSH Publication, Cincinnati.
- Hainer, H. M., & Wilson, J. R., 1998, *Development of a Framework for Participatory Ergonomic*, Institute for Occupational Ergonomics, Nottingham.
- Health and Safety Executive, 2014, *Handling Injuries in Great Britain 2014*, National Statistic, London.
- Hidayat, A. H., & Purnomo, H., 2014, *Desain Pengereng Kerupuk Menggunakan Metode Ergonomi Partisipatori*, *Seminar Nasional IENACO*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.



- Hignett, S., Wilson, J. R., & Morris, W., 2005, Finding Ergonomic Solutions - Participatory Approach. *Occupational Medicine*, Vol. 55 pp 200-207.
- Lu, M.-L., Putz-Anderson, V., Garg, A., & Davis, K., 2016, Evaluation of the Impact of the Revised National Institute for Occupational Safety and Health Lifting Equation. *Human Factors*, Vol. XX pp 1-16.
- Manual Pallet Truck., 2017, Pallet Truck UK, akses online 30 Agustus 2017, URL: <https://www.pallettrucksuk.co.uk/product/mobile-double-scissor-lift-table/>
- Purnomo, H., 2013, *Antropometri dan Aplikasinya*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Waters, T. R., Putz-Anderson, V., & Garg, A., 1994, *Application Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation*, NIOSH Publication, Cincinnati.
- Widananto, H., & Purnomo, H., 2013, Rancangan Mesin Pengupas Sabut Kelapa Berbasis Ergonomi Partisipatori, *Seminar Nasional IENACO*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.



Analisis Potensi Bahaya Menggunakan Metode *Hazard Operability Study (Hazops)* Berdasarkan Perangkingan *OHS Risk Assesment and Control*

Fajar Kuncoro

Magister Teknik Industri, Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang KM 14,5, Yogyakarta Kode pos 55501
Telp. +62 274 895287
E-mail : fajar.fu.150@gmail.com

Intisari

PT. Brahma Binabakti merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan minyak kelapa sawit yang berlokasi di Jalan Lintas Sumatera, Jambi. Perusahaan yang memiliki moto “Utamakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja”. Walaupun perusahaan telah menerapkan beberapa standar atau prosedur keselamatan dan kesehatan kerja, dalam pelaksanaannya masih terdapat beberapa potensi bahaya yang dapat menimbulkan terjadi kecelakaan kerja. Kecelakaan tersebut dipengaruhi beberapa faktor seperti keadaan yang tidak aman, pekerja tidak menggunakan Alat Pelindung Diri lengkap, tindakan pekerjaan yang tidak aman, maupun kondisi fisik pekerja. Untuk identifikasi dan pengendalian potensi bahaya dapat dilakukan dengan menggunakan metode HAZOPS melalui perangkingan OHS Risk Assesment and Control. HAZOPS adalah suatu metode identifikasi bahaya yang sistematis teliti dan terstruktur untuk mengidentifikasi berbagai permasalahan yang mengganggu jalannya proses produksi dan risiko yang terdapat pada suatu hazard yang dapat menimbulkan risiko bagi manusia/fasilitasnya. Hasil observasi dari penelitian ini ditemukan 22 hazard dan kemudian digolongkan menjadi 8 sumber bahaya hazard. Berdasarkan penilaian level risiko, terdapat 2 sumber hazard tergolong “Ekstrim”, 3 sumber hazard tergolong “Risiko Tinggi”, 2 sumber hazard tergolong “Risiko Sedang”, dan 1 sumber hazard tergolong “Risiko Rendah”. Penelitian ini menghasilkan berupa penggunaan APD, dan Worksheet penggunaan APD, serta uraian sumber hazard “Sikap Pekerja” dan uraian sumber hazard “Lantai Basah”.

Kata Kunci: HAZOPS, K3, Perangkingan, Risk Assesment

1. Pendahuluan

Masalah Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) atau dalam bahasa *Inggris* disebut dengan *Occupational Health and Safety* (OHS) secara umum di Indonesia masih sering terabaikan. Hal ini ditunjukkan dengan masih tingginya angka kecelakaan kerja. Menurut Pujiono, et. al (2013) berdasarkan data Jamsostek, angka kecelakaan kerja di Indonesia dalam lima tahun terakhir cenderung meningkat, pada tahun 2011 terdapat 99.491 kasus, sedangkan tahun 2010 hanya 98.711 kasus kecelakaan kerja, pada tahun 2009 terdapat 96.314 kasus, tahun 2008 terdapat 94.736 kasus, dan pada tahun 2007 terdapat 83.714 kasus. Keselamatan selama melakukan aktivitas kerja merupakan hal yang sangat penting. Oleh karena itu, perusahaan yang baik selalu peduli pada keselamatan dan kesehatan karyawannya.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) diharapkan dapat membantu dalam mengurangi dan menguraikan pokok permasalahan tersebut, serta menjamin keselamatan dan kesehatan pekerja, agar terwujud lingkungan kerja yang aman, sehat, dan nyaman. Sehingga dapat melindungi dan bebas dari kecelakaan kerja pada akhirnya dapat meningkatkan efisien dan produktivitas kerja.



Akan tetapi, semua itu tidak terlepas dari keikutsertaan dan partisipasi, baik dari seluruh pekerja maupun manajemen perusahaan untuk berupaya menekan resiko bahaya kecelakaan kerja sampai tingkat terendah.

PT. Brahma Binabakti merupakan perusahaan yang telah menerapkan program Keselamatan dan Kesehatan Kerja, namun dalam pelaksanaannya masih terdapat beberapa kasus kecelakaan yang terjadi di perusahaan. Kecelakaan tersebut dipengaruhi beberapa faktor seperti keadaan yang tidak aman, pekerja tidak menggunakan Alat Pelindung Diri, tindakan pekerja yang tidak aman, maupun kondisi fisik pekerja. Untuk itu, potensi bahaya (*hazard*) yang muncul harus segera diidentifikasi dan dikendalikan. Menurut Pujiono, et. al (2013) metode *Hazard and Operability Study* melalui perangkian *OHS Risk Assessment and Control* dapat diterapkan pada perusahaan dengan tujuan untuk membantu perusahaan dalam mengidentifikasi potensi bahaya serta dapat mengetahui rekomendasi perbaikan yang tepat untuk potensi bahaya tersebut sehingga angka kemunculan kecelakaan kerja di perusahaan dapat menurun.

PT. Brahma Binabakti merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan minyak kelapa sawit yang berlokasi di Jalan Lintas Sumatra, Jambi, telah menyadari pentingnya pembinaan K3 menuju kondisi kecelakaan kerja nihil.

HAZOPS adalah salah satu metode teknik identifikasi bahaya yang sistematis, teliti, dan terstruktur untuk mengidentifikasi berbagai permasalahan yang mengganggu jalannya proses dan resiko-resiko yang terdapat pada suatu *equipment* yang dapat menimbulkan resiko merugikan bagi manusia atau fasilitas *plant* pada lingkungan atau sistem yang ada. Atas dasar inilah yang akhirnya menciptakan gagasan untuk melakukan identifikasi potensi bahaya (*hazard*) yang timbul di PT. Brahma Binabakti, sehingga dapat diketahui potensi bahaya (*hazard*) yang mempunyai nilai risiko paling tinggi (*high risk*) sampai *hazard* yang mempunyai nilai risiko paling rendah (*low risk*). Dengan demikian dapat dilakukan penanganan yang tepat sebagai usaha untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja dikemudian hari.

Penelitian sebelumnya menggunakan metode HAZOPS di perusahaan sudah pernah dilakukan, salah satunya adalah Pujiono, B.N. pada tahun 2013 di PT. Ekamas Fortuna yang memiliki kesimpulan bahwa masih ada beberapa potensi sumber *hazard* yang harus diperbaiki. Rekomendasi perbaikan untuk resiko yang tergolong “Ekstrim” antara lain:

1. *Hazard* yang disebabkan oleh *unsafe action* yang dilakukan oleh pekerja dapat ditanggulangi dengan cara:
 - a. Membuat standar operasi prosedur dan jadwal pelatihan K3 tentang penggunaan Alat Pelindung Diri.
 - b. Membuat SOP dan *worksheet* penggunaan APD di area kerja agar para pekerja dapat membaca apa saja potensi bahaya yang akan mereka alami ketika melakukan suatu pekerjaan dan apa saja APD yang harus dipakai untuk mengurangi resiko tersebut.
 - c. Membuat lembar kontrol pelanggaran penggunaan APD di area tersebut agar koordinator unit dapat mengawasi pekerja agar selalu disiplin menggunakan APD sesuai dengan kegiatan yang dilakukan oleh pekerja di area kerja.
 - d. Membuat SOP *Safety Talk* dan usulan untuk diadakan *Safety Talk* setiap 1 minggu sekali yang dihadiri oleh beberapa petinggi unit kerja dan di dalamnya membahas tentang pelaksanaan K3 di perusahaan, prosedur kerja, kondisi peralatan *safety*, kondisi lingkungan kerja, dan *reward and punishment* bagi pekerja yang mematuhi atau melanggar peraturan.
2. Rekomendasi perbaikan untuk lantai plat yaitu dengan segera memperbaiki atau mengganti lantai plat yang rusak dan melakukan pengontrolan secara rutin (*checklist* disertai dengan SOP) agar kondisi lantai plat selalu dalam keadaan optimal.
3. Rekomendasi perbaikan untuk *hand rail* yaitu dengan segera memperbaiki bagian *hand rail* yang rusak dan melakukan pengontrolan secara rutin (*checklist* disertai dengan SOP) agar kondisi *hand rail* selalu dalam keadaan yang optimal.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat disimpulkan bahwa perlunya dilakukan penelitian untuk bagaimana pencegahan potensi bahaya menggunakan metode HAZOPS. Hasil



penelitian ini nantinya juga dapat dijadikan usulan rekomendasi pencegahan kecelakaan kerja di PT. Brahma Binabakti, Jambi.

2. Metodologi

2.1 Objek Penelitian

Objek penelitian yang diambil adalah pekerjaan dan kondisi lingkungan di area lantai produksi PT. Brahma Binabakti Jambi, yang memproduksi minyak kelapa sawit.

2.2 Data yang Dibutuhkan

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain: (a) Data Primer diperoleh dari melakukan observasi langsung ke tempat kerja/lapangan dan wawancara kepada tenaga kerja atau pihak-pihak terkait dalam penelitian; (b) Data Sekunder diperoleh dari perusahaan serta literatur lain serta referensi yang mendukung terbentuknya suatu landasan teori penelitian ini sebagai sumber data.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Tahap Persiapan

Persiapan dalam penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: (1) Observasi lapangan dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap aktivitas pekerja di PT. Brahma Binabakti, Jambi pada bagian lantai produksi pengolahan minyak kelapa sawit, yang nantinya dijadikan data dalam pengolahan menggunakan metode HAZOP; (2) Wawancara yang dilakukan adalah melakukan tanya jawab dengan pekerja, seperti: operator, penarik kelapa sawit, karyawan pembersih, maupun orang-orang yang berkompeten dibidangnya; (3) Analisis Dokumentasi yang dilakukan dengan cara mengambil gambar dari aktivitas pekerja di lantai proses produksi dan pengumpulan dokumen-dokumen dan catatan-catatan serta literatur yang ada di perusahaan yang berhubungan dengan masalah manajemen resiko (*Risk management*).

2.3.2 Identifikasi Hazard dengan HAZOPS Worksheet dan Assesment

Menurut Pujiono, et. al (2013) langkah-langkah untuk melakukan identifikasi *hazard* dengan menggunakan HAZOP Worksheet dan Risk Assesment sebagai berikut:

1. Mengetahui urutan proses yang ada pada area penelitian.
2. Mengidentifikasi hazard yang ditemukan pada area penelitian.
3. Melengkapi kriteria yang ada pada HAZOP worksheet dengan urutan sebagai berikut:
 - a. Mengklarifikasikan *hazard* yang temukan (sumber bahaya)
 - b. Mendeskripsikan *deviation* atau penyimpangan yang terjadi selama proses operasi.
 - c. Mendeskripsikan penyebab terjadinya penyimpangan (*cause*).
 - d. Mendeskripsikan apa yang dapat ditimbulkan dari penyimpangan tersebut (*consequences*).
 - e. Menentukan *action* atau tindakan sementara yang dapat dilakukan.
 - f. Menilai resiko (*risk assesment*) yang timbul dengan mendefinisikan kriteria *likelihood* dan *consequences (severity)*. Kriteria *likelihood* yang digunakan adalah frekuensi dimana dalam perhitungannya secara kuantitatif berdasarkan data atau *record* perusahaan selama kurun waktu tertentu. Kriteria *consequences (severity)* yang digunakan adalah akibat apa yang akan diterima pekerja yang didefinisikan secara kualitatif dan mempertimbangkan hari kerja yang hilang.
 - g. Melakukan perbandingan dari *hazard* yang telah diidentifikasi menggunakan *worksheet HAZOP* dengan memperhitungkan *likelihood* dan *consequence*, kemudian menggunakan *risk matrix* untuk mengetahui prioritas *hazard* yang harus diberi prioritas untuk diperbaiki.
 - h. Merancang perbaikan untuk resiko yang memiliki level "Ekstrim", kemudian melakukan rekomendasi perbaikan.

Setelah mendapatkan temuan potensi bahaya di lapangan dan menggolongkan potensi bahaya berdasarkan jenis sumbernya, maka selanjutnya dilakukan pengolahan dengan



menggunakan *risk matrix*. Proses perangkingan resiko tersebut dilakukan dengan memberikan pembobotan berdasarkan dua penilaian sebagai berikut:

1. *Likelihood* (L) adalah kemungkinan terjadi kecelakaan dengan bahaya.
2. *Severity* atau *Consequences* (C) adalah tingkat yang menunjukkan keparan cedera dan kehilangan hari kerja.

Tabel 1. Kriteria *Consequences/Severity*

<i>Consequences/ Severity</i>			
Level	Uraian	Keparahan cedera	Hari kerja
1	Tidak signifikan	Kejadian tidak menimbulkan kerugian atau cedera pada manusia	Tidak menyebabkan kehilangan hari kerja
2	Kecil	Menimbulkan cedera ringan, kerugian kecil dan tidak menimbulkan dampak serius terhadap kelangsungan bisnis	Masih dapat bekerja pada hari / shift yang sama
3	Sedang	Cedera berat dan dirawat di rumah sakit, tidak menimbulkan cacat tetap, kerugian finansial sedang	Kehilangan hari kerja dibawah 3 hari
4	Berat	Menimbulkan cedera parah dan cacat tetap dan kerugian finansial besar serta menimbulkan dampak serius terhadap kelangsungan usaha	Kehilangan hari kerja 3 hari atau lebih
5	Bencana	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah bahkan dapat menghentikan kegiatan usaha selamanya	Kehilangan hari kerja selamanya

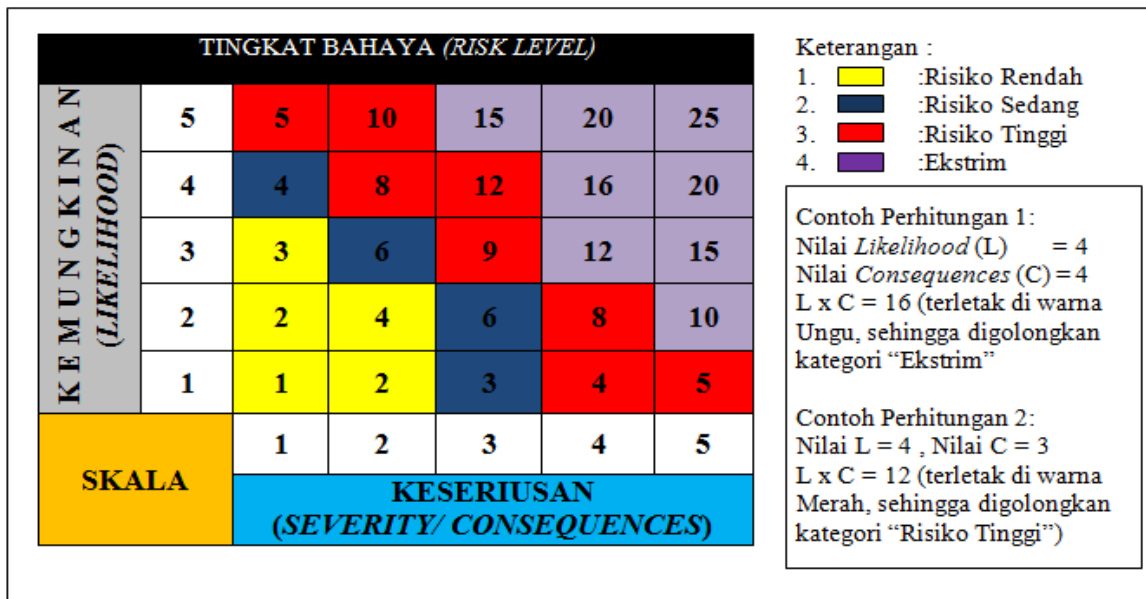
Sumber: UNSW *Health and Safety* (2008)

Tabel 2. Kriteria *Consequences/Severity*

<i>Consequences/ Severity</i>			
Level	Uraian	Keparahan cedera	Hari kerja
1	Tidak signifikan	Kejadian tidak menimbulkan kerugian atau cedera pada manusia	Tidak menyebabkan kehilangan hari kerja
2	Kecil	Menimbulkan cedera ringan, kerugian kecil dan tidak menimbulkan dampak serius terhadap kelangsungan bisnis	Masih dapat bekerja pada hari / shift yang sama
3	Sedang	Cedera berat dan dirawat di rumah sakit, tidak menimbulkan cacat tetap, kerugian finansial sedang	Kehilangan hari kerja dibawah 3 hari
4	Berat	Menimbulkan cedera parah dan cacat tetap dan kerugian finansial besar serta menimbulkan dampak serius terhadap kelangsungan usaha	Kehilangan hari kerja 3 hari atau lebih
5	Bencana	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah bahkan dapat menghentikan kegiatan usaha selamanya	Kehilangan hari kerja selamanya

Sumber: UNSW *Health and Safety* (2008)





Gambar 1. Risk Matrix

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil observasi di lapangan, terdapat 22 temuan potensi bahaya di area produksi minyak kelapa sawit yang kemudian digolongkan menjadi 8 jenis sumber bahaya meliputi: Sikap pekerja, lantai basah, lantai plat bolong, penutup saluran limbah bolong, lantai rusak, material dan peralatan berserakan, garis aman, limbah berserakan (biji kelapa sawit). Frekuensi terbesar yaitu ditemukannya sumber *hazard* pada “Sikap Pekerja” dan “Lantai Basah”.

Berdasarkan hasil dari pengolahan data, dapat diketahui 2 sumber *hazard* yang memiliki nilai “Ekstrim”, 3 sumber *hazard* yang memiliki nilai “Risiko Tinggi”, 2 sumber *hazard* yang memiliki nilai “Risiko Sedang”, dan 1 sumber *hazard* yang memiliki nilai “Risiko Rendah”. Menurut UNSW *Health and Safety* (2008), sumber *hazard* yang memiliki nilai “Ekstrim” harus diprioritaskan untuk mendapatkan rekomendasi dari manajemen perusahaan. Sumber *hazard* yang memiliki nilai “Ekstrim” yaitu sikap pekerja, lantai basah.

Tabel 3. *Hazard* berdasarkan sumbernya

No.	Sumber <i>Hazard</i>	Jumlah Temuan
1.	Sikap Pekerja	6
2.	Lantai Basah	5
3.	Lantai Plat bolong	1
4.	Penutup saluran limbah berlubang	2
5.	Lantai Rusak	3
6.	Peralatan berserakan	3
7.	Garis aman	1
8.	Limbah berserakan (biji kelapa sawit)	1
Jumlah		22

Adapun keterangan mengenai sumber sumber *hazard* tersebut, adalah sebagai berikut:

a. Sikap pekerja

Sikap pekerja adalah suatu sikap atau perilaku pekerja dalam menjalankan aktivitas di dalam ruang produksi. Observasi yang dilakukan, ditemukan beberapa kasus mengenai sikap pekerja, antara lain; pekerja tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) lengkap, seperti: tidak memakai sarung tangan, tidak memakai masker,



- penutup telinga (*headphone*), kaca mata, menggunakan *handphone* saat bekerja, pekerja tidak menggunakan sabuk pengaman saat mengendarai mobil bego.
- Lantai basah
Observasi yang dilakukan, ditemukan beberapa titik yang terdapat lantai basah, antara lain yang terdapat di bagian produksi (saluran limbah).
 - Lantai plat bolong
Observasi yang dilakukan, ditemukan satu titik yang terdapat di bagian atas lantai produksi bertepatan pada tempat lalu lalang jalan kerja karyawan.
 - Penutup saluran limbah berlubang
Observasi yang dilakukan, ditemukan beberapa titik yang terdapat di bagian lantai dasar produksi yang bertepatan tempat lalu lalang kerja karyawan.
 - Lantai rusak
Observasi yang dilakukan, ditemukan beberapa titik yang terdapat pada bagian lantai dasar produksi bertepatan lalu lalang kerja karyawan dan berarahan pada ruang genset (belakang ruang genset).
 - Material dan peralatan berserakan
Observasi yang dilakukan, terdapat beberapa tempat di lantai dua produksi pada mesin pemerasan kelapa sawit, alat tersebut berupa kunci mesin dan *sparepart* mesin; ulir yang tidak tertata pada tempatnya.
 - Garis aman (*line*)
Observasi yang dilakukan, ada beberapa tempat yang belum terdapat garis aman seperti; tempat penarikan gerbong kelapa sawit.
 - Limbah berserakan (biji sawit)
Observasi yang dilakukan, terdapat satu tempat di lantai satu produksi, tempat tersebut merupakan tempat lalu lintas kerja karyawan.

Berikut ini adalah tabel 4 yang berisikan tentang perangkian risiko (*risk level*) yang ditentukan berdasarkan pada kriteria *likelihood*, *consequences*, dan data kecelakaan kerja.

Tabel 4 Perangkian Resiko

No.	Sumber <i>Hazard</i>	L	C	LxC	Warna	<i>Risk Level</i>
1.	Sikap pekerja	4	4	16		Ekstrim
2.	Lantai Basah	4	4	16		Ekstrim
3.	Lantai Plat bolong	2	2	4		Resiko rendah
4.	Penutup saluran limbah berlubang	4	2	8		Resiko tinggi
5.	Lantai Rusak	3	2	6		Resiko sedang
6.	Material dan peralatan berserakan	3	2	6		Resiko sedang
7.	Garis aman	2	4	8		Resiko tinggi
8.	Limbah berserakan (biji kelapa sawit)	4	2	8		Resiko tinggi

Penjelasan mengenai pemberian bobot/nilai, sumber *hazard* dan kemudian mengkalikan berdasarkan Kriteria *Likelihood* dan Kriteria *Consequens* sesuai dengan *Risk Matrix*, sebagai berikut:

- Sikap pekerja; Kemungkinan besar terjadi (*likelihood*) dan Kehilangan hari kerja 3 hari atau lebih (*Consequences*).
- Lantai basah; Kemungkinan besar terjadi (*likelihood*) dan Kehilangan hari kerja 3 hari atau lebih (*Consequences*).
- Lantai plat bolong; Kemungkinan kecil terjadi (*likelihood*) dan Masih dapat bekerja pada hari/*shift* yang sama (*Consequences*).



4. Penutup saluran limbah berlubang; Kemungkinan besar terjadi (*likelihood*) dan Masih dapat bekerja pada hari/*shift* yang sama (*Consequences*).
5. Lantai rusak; Mungkin terjadi (*likelihood*) dan Masih dapat bekerja pada hari/*shift* yang sama (*Consequences*).
6. Peralatan berserakan; Mungkin terjadi (*likelihood*) dan Masih dapat bekerja pada hari/*shift* yang sama (*Consequences*).
7. Tidak ada garis aman; Kemungkinan kecil terjadi (*likelihood*) dan Kehilangan hari kerja 3 hari atau lebih (*Consequences*).
8. Limbah berserakan (biji kelapa sawit); Kemungkinan besar terjadi (*likelihood*) dan Masih dapat bekerja pada hari/*shift* yang sama (*Consequences*).

Apabila hal ini tidak segera diperbaiki maka akan sangat merugikan perusahaan, khususnya pekerja itu sendiri. Tindakan atau rekomendasi yang bisa dilakukan untuk segera mengatasi sumber *hazard* “Sikap Pekerja” ini adalah;

1. Membuat *visual display* untuk mengingatkan pekerja (pintu masuk).
2. Membuat prosedur kerja atau SOP tentang pemberian sanksi tidak menggunakan APD.
3. Diadakannya sertifikasi internal karyawan tentang motivasi atau manfaat K3.
4. Warning atau tanda dilarang di setiap sudut ruang lini produksi.
5. Lakukan pengecekan tiap mingguan atau bulanan.
6. Perusahaan wajib menyediakan APD secara cuma-cuma sesuai dengan tingkat bahaya (zona tertentu), seperti:
(a) *Safety harness* (tali keselamatan) (b) *Safety shoes* (sepatu keselamatan) (c) *Safety helmet* (helm keselamatan) (d) *Safety goggles* (alat pelindung mata) (e) *Safety gloves* (alat pelindung tangan) (f) Masker (penutup mulut) (g) *Ear plug* (alat pelindung telinga).

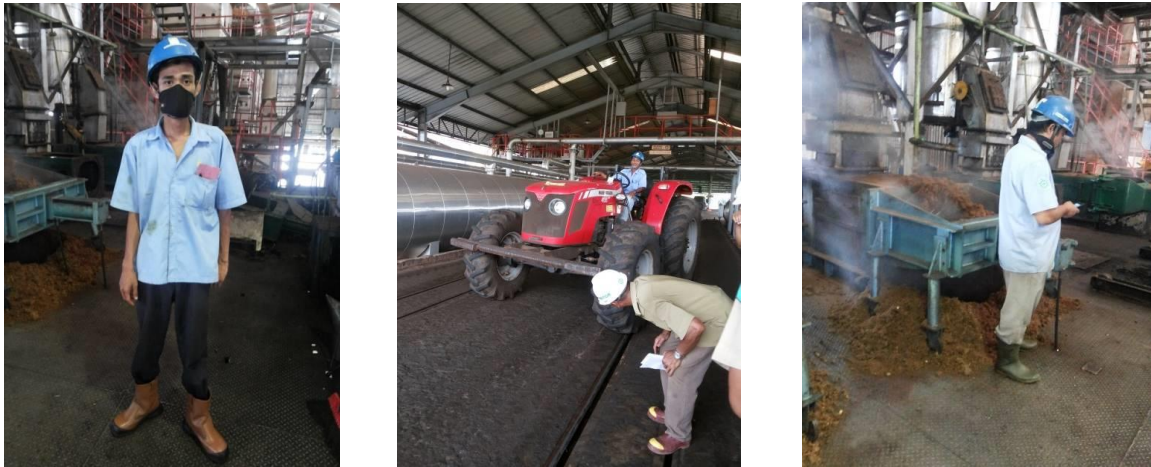
Apabila hal ini tidak segera diperbaiki maka akan sangat merugikan perusahaan, khususnya pekerja itu sendiri. Tindakan atau rekomendasi yang bisa dilakukan untuk segera mengatasi sumber *hazard* “Lantai Basah” ini adalah:

1. Membuat jadwal pembersihan kepada karyawan tiap sebelum kerja atau sebelum kerja.
2. Pihak manajemen perusahaan wajib menyediakan alat untuk membersihkan lantai yang basah.
3. Adanya penampungan untuk tetesan minyak (ember / wadah yang cukup).
4. Segera melakukan perbaikan lantai (minumalisir kecelakaan).
5. Melakukan inspeksi kondisi lantai yang basah secara rutin (*checklist*).
6. Adanya warning atau tanda (hati-hati).
7. Membersihkan selokan atau limbah secara rutin (hari, mingguan).



3.1 Analisis Dokumen

Analisis dokumen adalah melakukan analisa terhadap dokumen yang berkaitan dengan permasalahan yang dijadikan fokus penelitian. Dokumen-dokumen dijadikan salah satu cara untuk menambah referensi dan juga data penguat bagi peneliti dalam menggambarkan keadaan riil di lapangan.



Gambar 2. Sikap pekerja



Gambar 3. Lantai basah



Gambar 4. Lantai plat bolong



Gambar 5 Penutup saluran limbah berlubang

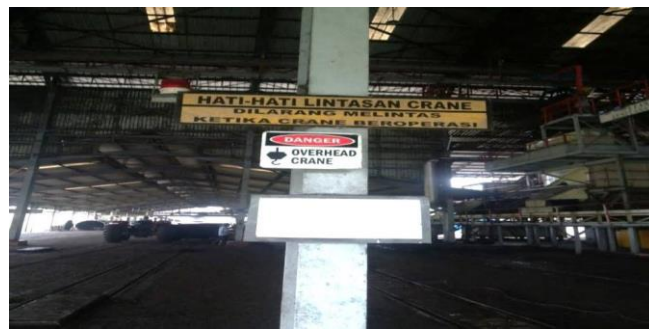




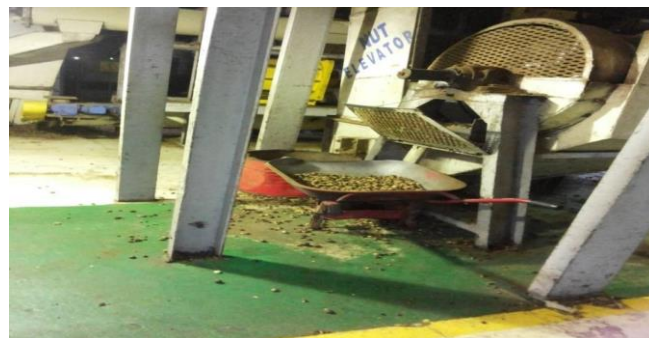
Gambar 6 Lantai rusak



Gambar 7 Peralatan berserakan



Gambar 8 Tidak ada garis aman



Gambar 9 Limbah berserakan

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengumpulan data, pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Terdapat 22 temuan potensi bahaya di area produksi minyak kelapa sawit yang kemudian digolongkan menjadi 8 jenis sumber bahaya (*hazard*) meliputi: sikap pekerja, lantai basah, lantai plat bolong, penutup saluran limbah bolong, lantai rusak, material dan peralatan berserakan, garis



aman, limbah berserakan (biji kelapa sawit). Dari sumber *hazard*, level/tingkat potensi bahaya berdasarkan *likelihood* dan *consequences* sebanyak 8 sumber *hazard*, yaitu 2 ekstrim (sikap pekerja dan lantai basah), 3 resiko tinggi (penutup saluran limbah berlubang, garis aman, berserakan biji kelapa sawit), 2 resiko sedang (material dan peralatan berserakan) dan 1 resiko rendah (lantai plat bolong).

Saran yang diberikan peneliti berdasarkan hasil pengolahan data serta analisis ada beberapa hal, yaitu:

1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) perusahaan harus ditingkatkan lagi.
2. Perusahaan harus menerapkan Sistem Manajemen K3 (SMK3)
3. Perusahaan wajib memfasilitasi kebutuhan Alat Pelindung Diri (APD) yang lebih *safety*.
4. Perusahaan harus memiliki AK3U.
5. Rambu-rambu K3 diletakkan pada tempatnya.
6. Semua peralatan yang sudah dipakai/*sparepart* yang tidak dipakai lagi sebaiknya diletakkan pada tempatnya.
7. Perusahaan atau pihak manajemen harus lebih memperhatikan sikap pekerja/pekerja karena pekerja merupakan salah satu asset perusahaan.
8. Apabila semua sudah terlaksana dengan baik, maka keuntungan tersendiri bagi perusahaan, baik dari segi mengurangi kecelakaan kerja serta mengurangi biaya kecelakaan dan perusahaan dapat meningkatkan proses produksi, meningkatkan kualitas *output* serta meningkatkan produktivitas kerja karyawan.
9. Adapun bagi penelitian dengan permasalahan yang sama, diharapkan melakukan percobaan lanjutan yang lebih mendalam, terutama “Hubungan Perilaku Karyawan Dengan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Terhadap Lingkungan Kerja Sesuai Standar Pemerintah” guna menciptakan lingkungan kerja yang harmonis, aman, serta menciptakan lingkungan kerja kondusif.

Daftar Pustaka

- Fauzan, D., 2011, *Penerapan Risk Assessment Dengan Metode Job Analisis Safety (JSA) Sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja*, Fakultas Kedokteran, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Kotek, L., Tabas, M., 2012, *HAZOP Study With Qualitative Risk For Prioritization Of Corrective And Preventive Action*, Brno University Of Technology, Technicka 2896, Brno 616 69, Czech Republic.
- Kurniawati, E., Sugiono., dan Yuniarti, R., 2012, *Analisis Potensi Kecelakaan Kerja Pada Departemen Produksi Springbed Dengan Metode Hazard Identification And Risk Assessment (HIRA)*, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- Kusuma, I.J., 2010, *Pelaksanaan Program Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Karyawan PT. Bitratex Industri Semarang*, Fakultas Ekonomi, Universitas Diponegoro Semarang.
- Neldi, M.P., 2001, *Analisis Pelaksanaan JSA Pada Pekerjaan Well Work Dan Initial Completion Yang Dilakukan Kontraktor Migas Berdasarkan Teknik Management Oversight And Risk Tree*, Fakultas Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan, Universitas Islam Negri (UIN) Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Pujiono, B.N., Tama, P.I., dan Efranto, R.Y., 2013, *Analisis Potensi Bahaya Serta Rekomendasi Perbaikan Dengan Metode Hazard and Operability Study (HAZOP) Melalui Perangkingan OHS Risk Assesment And Control*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Taringan, S.P., Tambunan, M.M., dan Buchari., 2013, *Analisis Tingkat Penerapan Program Keselamatan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Pendekatan SMK3 Dan Risk Assessment*, Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- UNSW Health and Safety, 2008, *Risk Management Program*. Canberra: University of New South Wales, akses online 17 Februari 2013, <http://www.ohs.unsw.edu.au/ohs-riskmanagement/index.html>



Pengaruh Asupan Makanan serta Karakteristik Jalan terhadap Performa Mengemudi: Tinjauan Pustaka

Iftikar Z. Sitalaksana, Gradiyan Budi Pratama, Putra Alif R. Yamin, dan Herman R. Soetisna

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesa 10, Bandung, Indonesia 40132
Telp. (022) 250-8124
E-mail: siftikar@y7mail.com

Intisari

Faktor manusia, sebesar 69.70%, merupakan penyebab utama terjadinya insiden maupun kecelakaan lalu lintas. Beberapa studi telah dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara kantuk atau lelah dengan performa mengemudi. Tidak hanya membahas mengenai gejala-gejala yang ditimbulkan, studi lainnya juga mencoba untuk melakukan investigasi terkait faktor-faktor yang dapat menimbulkan kantuk atau lelah saat mengemudi. Diantaranya membahas mengenai kuantitas dan kualitas tidur serta asupan makanan dan minuman sebelum maupun saat berkendara. Studi lain membahas juga mengenai aspek kognitif pengemudi dan hubungannya dengan karakteristik jalan. Makalah ini berisi tentang tinjauan dan pemetaan pustaka terkait asupan makanan, karakteristik jalan, dengan performa mengemudi. Tinjauan pustaka ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk melakukan penelitian-penelitian berikutnya yang berpotensi menghasilkan suatu kontribusi untuk meminimasi kesalahan dalam mengemudi.

Kata Kunci: asupan, karakteristik jalan, makanan, performa mengemudi

1. Pendahuluan

Kecelakaan lalu lintas darat di Indonesia masih berada pada angka yang tinggi. Terlebih itu dari 2010-2014, terdapat rata-rata peningkatan jumlah kecelakaan lalu lintas sebesar 16,59% per tahun (Direktorat Jendral Perhubungan Darat, 2014). Diantara berbagai jenis kecelakaan lalu lintas, pada tahun 2014 terjadi 18.147 jumlah kecelakaan mobil penumpang. Meskipun terlihat adanya penurunan jumlah kecelakaan mobil penumpang sebesar 8,8% per tahun, angka kecelakaan masih tinggi dan mengakibatkan kerugian yang besar, baik materi maupun non-materi.

Data Komite Nasional Keselamatan Transportasi (2016) menyebutkan bahwa faktor utama penyebab kecelakaan adalah faktor manusia (69,70%), dibanding faktor sarana (21,21%), dan prasarana (9,09%). Diantara faktor manusia itu terdapat kesalahan mengemudi akibat mengantuk dan lelah. Beberapa studi telah dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara kantuk atau lelah dengan performa mengemudi. Tidak hanya membahas mengenai gejala-gejala yang ditimbulkan, studi lainnya juga mencoba untuk melakukan investigasi terkait faktor-faktor yang dapat menimbulkan kantuk atau lelah saat mengemudi. Diantaranya membahas mengenai kuantitas dan kualitas tidur serta asupan makanan dan minuman sebelum maupun saat berkendara.

Selain kelelahan dan kantuk, aspek kognitif pengemudi juga menjadi hal yang menarik untuk diteliti. Salah satunya mengenai tingkat kewaspadaan pengemudi terhadap bermacam kondisi jalan. Di kondisi ekstrim terdapat jalan-jalan yang berkelok-kelok seperti di pegunungan, dan di sisi lain yang lurus dalam jarak yang panjang seperti di jalan tol (Tol Cipali adalah salah satu contohnya). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari beberapa literatur yang melaporkan hasil-hasil studi terdahulu mengenai performa mengemudi dan asupan makanan/minuman serta



karakteristik jalan. Tinjauan pustaka ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk melakukan penelitian-penelitian berikutnya yang berpotensi menghasilkan suatu kontribusi untuk meminimasi kesalahan dalam mengemudi.

2. Metodologi

Pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan kombinasi dari kata-kata kunci: *driving, sleepiness, fatigue, error, alertness, performance* dan *road characteristic, monotony/monotonous, nutrition, diet, meal*. Literatur-literatur terkait dikumpulkan dari hasil pencarian menggunakan situs sciencedirect dan googlescholars.

Pertama-tama, judul penelitian menjadi acuan dasar untuk menyaring literatur sehingga menghasilkan daftar makalah yang cukup relevan. Setelah literatur tersaring menjadi daftar yang lebih kecil, kemudian dilakukan tinjauan terhadap abstrak makalah untuk mengumpulkan penelitian-penelitian yang paling berfokus terhadap kesalahan mengemudi, asupan makanan/minuman, serta karakteristik jalan. Langkah terakhir adalah meninjau masing-masing makalah untuk dianalisis sehingga peneliti dapat melakukan pemetaan terhadap studi-studi terkait yang telah dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pencarian literatur, terdapat 6 penelitian yang dikaji pada makalah ini, meliputi tabel berikut.

Tabel 1. Pemetaan terhadap penelitian terkait perilaku mengemudi, konsumsi makanan, dan karakteristik jalan.

Penulis (Tahun)/ Judul	Partisipan	Parameter Kajian (Alat Ukur/Ukuran)			Temuan
		Karakteristik Mengemudi	Asupan	Karakteristik Jalan	
Braag et al. (2017) <i>Effect of meal glycemic load and caffeine consumption on prolonged monotonous driving performance</i>	L: 7, P: 3 51±7 thn 97,4±19,9kg BMI 31,3±5,1 kg.m ⁻²	<ul style="list-style-type: none"> • Kewaspadaan (Visual Analogue Scale) • Kantuk (Stanford Sleepiness Scale) • Kesalahan (Standard Deviation of Lane Position/SDLP, Average Lane Position/AVLP, Lane Crossing/LC) • Kecepatan (Average Speed/AVSP, Standard Deviation of Speed/SDSP) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kafein (tes darah) • Glycemic load/GL (Blood Glucose Level) 	Jalan lurus dan panjang (monoton), 90 menit (SCANeR Studio simulation engine v1.2r109)	<ul style="list-style-type: none"> • Penurunan signifikan SDLP (0,36±0,20 m vs. 0,41±0,19 m, p = 0,004) dan LC (34,4±31,4 vs. 56,7±31,5, p = 0,018) pada kondisi GL rendah • Tidak terdapat efek perbedaan konsumsi glikemik pada performa mengemudi
Reyner et al. (2012) <i>Post-lunch sleepiness during prolonged, monotonous driving – Effects of meal size</i>	L: 12 19-25thn (avg:21thn) BMI 20-27 kg.m ⁻² (avg: 23)	Kantuk (Karolinska Sleepiness Scale, EEG, EOG)	<ul style="list-style-type: none"> • Heavy meal (922 kal.) • Light meal (305 kal.) 	Jalan lurus dan panjang (monoton), 120 menit (immobile car, interactive, computer generated road projection)	<ul style="list-style-type: none"> • Heavy meal → peningkatan signifikan pada insiden dan EEG Power • Heavy meal → tren penilaian kantuk subjektif lebih tinggi
Li et al. (2016) <i>A simulation study of the effects of alcohol on driving</i>	L: 34, P: 18 21-61thn (avg 38,2thn) Min. 1 tahun SIM	Perilaku mengemudi (braking reaction time/BRT, standard deviation of lateral pos./SD-LANE, standard deviation of speed (SD-SPEED))	<ul style="list-style-type: none"> • Alkohol (Breath alcohol concentration/BrAC) 	Mengemudi bebas, area urban, 4 jam (XP-300 Driving Simulator)	<ul style="list-style-type: none"> • Performa mengemudi (BRT dan SDLANE) → berkorelasi tinggi dengan tingkat konsumsi alkohol



Penulis (Tahun)/ Judul	Partisipan	Parameter Kajian (Alat Ukur/Ukuran)			Temuan
		Karakteristik Mengemudi	Asupan	Karakteristik Jalan	
<i>performance in a Chinese population</i>					<ul style="list-style-type: none"> 1 unit peningkatan BrAC → penurunan BRT (0,3%) dan SDLANE (0,2%)
Moucek & Rericha (2012) <i>Driver's attention during monotonous driving</i>	L: 14; 21-23 tahun	Atensi selama mengemudi (stimuli auditori dengan stimulus onset asynchrony Kelelahan: EEG	-	Jalan lurus dan Panjang, 40 menit	Tidak ditemukan hasil yang signifikan mengenai atensi. Merekomendasikan durasi eksperimen diperpanjang dan membuat kondisi eksperimen yang lebih membuat lelah
Thiffault & Bergeron (2002) <i>Monotony of road environment and driver fatigue: a simulator study</i>	L: 56 avg 24 tahun, Min 2 tahun SIM	Performa mengemudi (time-on-task effect) dengan melihat deviasi gerakan kemudi	-	Dua level monotonitas jalan, 1. Pemandangan repetitive 2. Pemberian stimuli berkala	Terdapat perbedaan perilaku mengemudi yang kecil antara mengemudi di jalan monoton dan tidak terlalu monoton
Pichel et al. (2006) <i>Sustained attention measurement s in obstructive sleep apnea and risk of traffic accidents</i>	L:78; P: 15 50,8 ± 10,7	Kantuk: Epworth sleepiness scale, Nordic sleep questionnaire	-	Jalan lurus dan panjang (DASS 2D)	Tidak ada asosiasi signifikan antara performansi mengemudi, keluhan mengantuk dan resiko kecelakaan
Philip et al. (2005) <i>Fatigue, sleepiness, and performance in simulated versus real driving conditions</i>	L: 12 21,1 ± 1,6 thn	Kantuk (Karoliska sleepiness scale) Self-reported fatigue	-	Jalan lurus dan panjang (dengan Divided attention steering simulator)	Kantuk memberi efek yang signifikan terhadap mengemudi (F=60.013, p<0.001) baik di simulator maupun mengemudi di jalan,
Valck et al. (2006) <i>Day versus night driving in real traffic and on a driving simulator during an 800 km all-highway drive</i>	L: 8; P: 1 40 ± 11	Kesalahan (standar deviasi dari posisi di lajur dan kecepatan)	-	Jalan lurus dan panjang (York driving simulator dengan software Drivesim 3000	Standar deviasi posisi setir meningkat sejalan lama mengemudi. Kecepatan lebih tinggi di pengemudian malam hari. Tidak ditemukan perbedaan mengenai keluar jalur.

Philip et al. (2005) membandingkan mengemudi setelah tidur malam yang normal (8 jam) dengan mengemudi setelah tidur malam yang hanya 2 jam. Ditemukan hasil yang berbeda secara signifikan mengenai kantuk dan performansi mengemudi. Di sisi lain, Valck et al. (2006)



menemukan bahwa kecepatan mengemudi cenderung lebih tinggi pada perjalanan malam hari dibandingkan siang hari namun secara umum tidak ada perbedaan kesalahan mengemudi yang signifikan antara mengemudi di siang hari dan malam hari. Begitu pula Pichel et al. (2006) yang pada analisis regresinya tidak menemukan asosiasi yang signifikan antara kesalahan dalam mengemudi dengan kantuk.

Atensi pengemudi adalah faktor kunci dari keselamatan transportasi darat (Moucek & Řericha, 2012). Penelitian ini merekomendasikan durasi eksperimen diperpanjang dan membuat kondisi eksperimen yang lebih membuat lelah seperti meningkatkan suhu, tidak tidur di malam sebelum mengemudi, atau ruangan dipergelap.

Kantuk dan hypovigilance sering terjadi pada mengemudi di jalan yang monoton (Thiffault & Bergeron, 2003). Pada jalan dengan pemandangan yang sangat repetitif dan rendah stimulan, kelelahan dapat cepat terjadi. Pada penelitian ini faktor monotonitas jalan hanya bervariasi secara moderat. Hasilnya adalah ditemukan perbedaan perilaku mengemudi yang kecil antara mengemudi di jalan monoton dan tidak terlalu monoton. Meskipun secara statistik tidak berbeda signifikan, disimpulkan terdapat kecenderungan umum bahwa jalan yang monoton kelelahan dalam mengemudi lebih tinggi dan cepat terjadi dibandingkan pada jalan yang tidak monoton.

4. Kesimpulan dan Saran

Tinjauan literatur ini berkontribusi terhadap pengetahuan tentang akibat yang timbul saat mengemudi di jalanan yang monoton dan hubungannya dengan makanan yang dikonsumsi. Tidak banyak literatur mengenai pengaruh asupan sebelum mengemudi terhadap performansi mengemudi, terlebih di Indonesia. Namun dari penelitian-penelitian sebelumnya, terdapat beberapa poin yang dapat dijadikan rujukan untuk penelitian berikutnya mengenai perilaku mengemudi. Setting jalan yang lurus dan panjang dengan stimulan berjumlah rendah terbukti membuat kelelahan lebih tinggi dan cepat terjadi pada pengemudi. Belum terdapat bukti nyata terdapatnya asosiasi asupan makanan dan monotonitas jalan yang dilalui oleh karena itu direkomendasikan untuk diteliti lebih lanjut mengenai hal ini.

Daftar Pustaka

- Bragg, C., Desbrow, B., Hall, S., and Irwin, C., 2017, Effect of meal glycemic load and caffeine consumption on prolonged monotonous driving performance, *Physiology and Behavior*, Vol. 181 pp.110-116
- Kementerian Perhubungan RI, 2015, Perhubungan Darat dalam Angka 2014. Akses online Desember 2016, URL: <http://hubdat.dephub.go.id/data-a-informasi/pdda>.
- Li, Y.C., Sze, N.N., Wong, S.C., Yan, W., Tsui, K.L., and So, F.L., 2016, A simulation of the effects of alcohol on driving performance in a Chinese population, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 95 pp. 334-342.
- Mahachandra, M., Yassierli, Sitalaksana, I, and Suryadi, K., 2013, Sleepiness Pattern of Indonesian Professional Driver Based on Subjective Scale and Eye Closure Activity, *International Journal of Basic & Applied Sciences (IJBAS)*, Vol. 11 pp. 87-96.
- Mahachandra, M., Yassierli, Sitalaksana, I, and Suryadi, K., 2012, Sensitivity of Heart Rate Variability as Indicator of Driver's Sleepiness, *Proceedings of the Second International Conference of Southeast Asian Network of Ergonomics Societies (SEANES)*, Langkawi, Indonesia.
- Mouček, R. and Řericha, J., 2012, Driver's attention during monotonous driving, *Proceeding of the 25th International Conference on BioMedical Engineering and Informatics (BMEI 2012)*.
- Philip P, Sagaspe P, Taillard J, Valtat C, Moore N, Akerstedt T, et al., 2005, Fatigue, sleepiness, and performance in simulated versus real driving conditions, *Sleep*, Vol. 28(12) pp. 1511e6.
- Pichel F, Zamarrón C, Magaña F, and Rodríguez J.R., 2006, Sustained attention measurements in obstructive sleep apnea and risk of traffic accidents, *Respir Med*, Vol. 100(6) pp. 1020e7.



- Puspasari, M., Iridiastadi, H., Sitalaksana, I., and Yassierli, 2016, Oculomotor Response in Measuring Driving Fatigue, *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineerin Management*.
- Reyner, L.A. et al., 2012, 'Post-lunch' sleepiness during prolonged, monotonous driving-effects of meal size, *Physiol. Behav.*, Vol. 105 (4) pp. 1088–1091.
- Sitalaksana, I., and Mahachandra, M., 2011, Effect of Auditory Response Test on Indonesian Drivers Alertness, *International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists 2011*, Hongkong.
- Thiffault, P., and Bergeron, J., 2003, Monotony of road environment and driver fatigue: a simulator study, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 35 pp. 381–391.
- Valck E de, Quanten S, Cluydts R., and Berckmans D., 2006, Day versus night driving in real traffic and on a driving simulator during an 800 km all-highway drive, *Int J Veh Des*, Vol. 42(1e2) pp. 119e33.
- Zuraida, I., Iridiastadi, H., and Sitalaksana, I., 2016, Fatigue from Friving – a Comparison Between Morning and Afternoon Tasks, *Proceeding of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Kuala Lumpur, Malaysia.

TIDAK
DIPRESENTASIKAN



Studi Faktor Sistem Supra pada *Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)*

Iftikar Z. Sitalaksana, Putra A.R. Yamin

Lab.Rekayasa Sistem Kerja dan Ergonomi, Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung
E-mail:siftikar@y7mail.com

Intisari

Dengan meningkatnya aktivitas penerbangan, apabila aspek keselamatan tidak diperhatikan dengan baik, kerugian yang ditimbulkan pun akan semakin meningkat. Faktor kesalahan manusia memiliki andil dalam 60-80% kecelakaan penerbangan, sedangkan berdasarkan investigasi KNKT 50 hingga 60%. Alat investigasi kecelakaan yang saat ini sering digunakan adalah *Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)*. Sudah banyak bukti bahwa HFACS dapat secara efektif membedah kecelakaan dari sisi faktor manusia. HFACS pada awalnya dikembangkan pada sistem penerbangan di negara Amerika Serikat namun belum disertai factor system supra. Di negara berkembang seperti Indonesia, terdapat kebutuhan untuk mempertimbangkan faktor-faktor sistem supra dan menyertakannya ke dalam taksonomi HFACS. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor sistem supra HFACS di Indonesia. Tujuan penelitian diharapkan dapat dicapai dengan melakukan kajian terhadap kecelakaan-kecelakaan penerbangan yang pernah terjadi di Indonesia melalui laporan kecelakaan yang diterbitkan oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT). Kemudian dilakukan wawancara terhadap para stakeholder guna mengidentifikasi faktor-faktor sistem supra HFACS di Indonesia. Berdasarkan hasil kajian laporan KNKT dan hasil wawancara, dilakukan analisis dan pembahasan sistem supra di Indonesia baik yang terjadi pada HFACS, bisa namun belum terjadi pada HFACS, dan di luar taksonomi HFACS. Disimpulkan faktor-faktor sistem supra apa saja yang mempengaruhi penerbangan Indonesia antara lain: faktor pengawasan regulator terhadap implementasi regulasi penerbangan dapat dipecah menjadi subfaktor kurang jumlah pengawas, subfaktor politisasi dan KKN, subfaktor kesalahan regulator, dan subfaktor pelanggaran regulator. Kedua faktor lainnya adalah faktor pengawasan regulator kepada maskapai (perusahaan penerbangan) dan faktor pengawasan regulator kepada masyarakat atau pihak luar lainnya yang dapat mempengaruhi penerbangan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi langkah awal bagi pengembangan lebih lanjut dari HFACS sebagai salah satu metode investigasi komprehensif yang secara umum turut memperhitungkan faktor-faktor sistem supra Indonesia.

Kata kunci: Faktor sitem supra; HFACS; human error

1. Pendahuluan

Saat ini pesawat udara merupakan alat transportasi yang umum digunakan. Dalam UU No. 1 Tahun 2009 tentang penerbangan, disebutkan bahwa penerbangan merupakan bagian dari sistem transportasi yang mempunyai karakteristik bergerak dalam waktu yang singkat, menggunakan teknologi tinggi, padat modal, manajemen yang andal, serta memerlukan jaminan keselamatan dan keamanan yang optimal. Perlu dipahami bahwa pesawat udara merupakan teknologi tinggi yang memberikan manfaat besar, namun juga menyimpan resiko yang besar. Oleh karena itu, disebutkan pada Undang-Undang tersebut bahwa diperlukan jaminan keselamatan dan keamanan yang optimal.



Sayangnya pesawat udara sering dikaitkan dengan kecelakaan dan penyebab hilangnya nyawa manusia. Terlebih lagi aspek kerugian yang ditimbulkan akibat kecelakaan pesawat udara. Shappell & Wiegmann (2001) menyebutkan bahwa kerugian yang ditimbulkan akibat kecelakaan transportasi udara sangatlah besar. Hal tersebut karena harga satu pesawat udara dapat mencapai triliunan rupiah, besarnya biaya santunan untuk satu korban jiwa, besarnya biaya investigasi kecelakaan pesawat, serta rusaknya citra perusahaan.

Berita kecelakaan pesawat terbang sudah sangat tidak asing terdengar di tanah air ini. Contohnya kecelakaan pesawat terbang Lion Air dengan nomor penerbangan JT904 di Bali 13 April 2013 lalu. Jika melihat laporan-laporan yang dikeluarkan KNKT (Komisi Nasional Kecelakaan Transportasi), tidak banyak faktor manusia atau *human error* yang masuk ke dalam analisis kecelakaan. Padahal studi menyebutkan faktor manusia berperan 70 hingga 80% dari kecelakaan (Shappell & Wiegmann, 2000, 2001). Namun seringkali *human error* diartikan sebagai kesalahan pilot yang mengoperasikan pesawat. Padahal, melalui beberapa penelitian yang cukup mendalam, diperoleh kesimpulan bahwa suatu kecelakaan dapat terjadi tidak hanya karena satu sebab, atau bahkan satu individu, melainkan karena beberapa faktor (Shappell et al., 2016).

Alat investigasi yang saat ini sering digunakan adalah *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS). Sudah banyak bukti bahwa HFACS dapat secara efektif membedah kecelakaan dari sisi faktor manusia. HFACS pada awalnya dikembangkan pada sistem penerbangan di negara Amerika Serikat. Di negara Amerika Serikat, regulasi penerbangan diimplementasikan dengan baik. Keadaannya bisa jadi tidak sama dengan negara berkembang seperti Indonesia.

ATSB (Australian Transport Safety Bureau, 2007) melakukan investigasi penggunaan HFACS pada kecelakaan pesawat udara di Australia dan membandingkannya dengan penggunaan di Amerika Serikat. Li dan Harris (2005) juga berkesimpulan bahwa HFACS merupakan alat andal yang dapat diaplikasikan kepada data kecelakaan di negara lain. Di negara berkembang seperti Indonesia, regulasi jika ada, setidaknya dalam sejumlah hal lebih dapat dijumpai sebagai formalitas legal, sedangkan implementasinya dapat dikatakan selema tidak ada regulasi. Hal tersebut dikarenakan banyak sistem supra yang belum berfungsi dengan semestinya. Oleh karena itu terdapat kebutuhan untuk mempertimbangkan faktor-faktor sistem supra dan menyertakannya ke dalam taksonomi HFACS.

Pada negara berkembang di mana banyak institusi yang belum menjalankan fungsinya dengan semestinya, faktor-faktor sistem supra organisasi penting untuk diperhatikan. Sejalan dengan itu, Shappell & Wiegmann (2001, 2007) serta Jambak (2011) menyebutkan HFACS belum mempertimbangkan aspek sistem supra di dalam taksonominya.

HFACS itu sendiri tampak semakin luas penerapannya dan tak mustahil pada saatnya akan digunakan pula di negara berkembang seperti Indonesia (Paletz, 2009). Pertanyaan yang kemudian timbul adalah apakah hasil penerapan HFACS dalam investigasi kecelakaan pesawat di Indonesia akan efektif padahal tidak seperti di Amerika Serikat, terdapat faktor-faktor sistem supra yang berpengaruh terhadap terjadinya kecelakaan pesawat di Indonesia. Dengan melihat hal tersebut, permasalahan utama dalam penelitian ini adalah elemen relevan apa saja dari sistem supra HFACS yang berpengaruh terhadap suatu kecelakaan penerbangan, khususnya di negara Indonesia.

2. Metode Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Data yang akan dimanfaatkan dalam penelitian ini berupa laporan investigasi kecelakaan penerbangan di Indonesia yang dirilis oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT). Pada laporan KNKT telah tercantum informasi-informasi yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan, berikut juga hasil analisis yang dilakukan oleh pihak KNKT mengenai kecelakaan yang terjadi.



Data berikutnya diperoleh dengan metode wawancara. Kelima narasumber merupakan pakar di dunia penerbangan, dan memiliki pengalaman yang tinggi pada keahlian masing-masing. Kelima narasumber yang dimaksud antara lain Narasumber 1 mantan Direktur Utama Merpati Nusantara Airlines, Narasumber 2 selaku mantan Direktur Niaga Garuda Indonesia, Narasumber 3 selaku pilot senior Garuda Indonesia, Narasumber 4 selaku pakar penerbangan dari Program Studi Aeronotika Institut Teknologi Bandung, serta Narasumber 5 selaku pakar penerbangan dari Program Studi Aeronotika Institut Teknologi Bandung.

2.2 Pengolahan Data

Setelah pengumpulan data dilakukan, tahap berikutnya yang dilakukan adalah mengolahnya menggunakan taksonomi HFACS untuk mengklasifikasikan faktor penyebab kecelakaan yang terjadi. Terdapat beberapa langkah yang dijalankan dalam menggunakan metode HFACS, yakni:

a. Langkah 1: Membuat dugaan faktor sistem supra.

Untuk dapat mengidentifikasi faktor sistem supra pada HFACS di Indonesia, pada awalnya dilakukan dugaan faktor sistem supra. Dugaan-dugaan yang dikumpulkan didapatkan dari studi literatur, diskusi, dan membaca laporan-laporan investigasi kecelakaan pesawat yang dirilis KNKT.

b. Langkah 2: Membaca tiap laporan investigasi kecelakaan penerbangan.

Laporan investigasi kecelakaan penerbangan dibaca untuk memberikan gambaran umum mengenai kecelakaan yang terjadi perlu dibaca terlebih dahulu tiap-tiap laporan kecelakaan yang ingin dianalisis. Gambaran umum tersebut dapat diperoleh melalui data faktual, analisis, serta faktor-faktor yang tercantum pada tiap-tiap laporan.

c. Langkah 3: Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kecelakaan dari tiap-tiap laporan yang ditelaah.

Setelah membaca tiap laporan kecelakaan, hal berikutnya yang dilakukan adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan. Faktor-faktor tersebut dapat dengan mudah ditemukan dalam tiap laporan karena biasanya tercantum secara eksplisit. Namun, adakalanya faktor tersebut tidak dituliskan secara langsung. Apabila ditemukan kasus semacam itu, hal yang perlu dilakukan adalah mengidentifikasi faktor kecelakaan berdasarkan data faktual serta rekomendasi yang dicantumkan pada laporan tersebut. Hal yang perlu dicermati dalam mengidentifikasi faktor penyebab kecelakaan adalah bahwa setiap laporan harus dibaca selengkap-lengkapnyanya, agar tidak ada faktor yang terlewat untuk diklasifikasikan pada langkah berikutnya. Selain itu, Shappell & Wiegmann (2003) dan Olsen & Shorock (2009) menyatakan bahwa pada tahap identifikasi, peneliti tidak diperkenankan untuk menambah faktor penyebab yang berkontribusi pada suatu kecelakaan. Alasannya adalah dikhawatirkan penambahan faktor tersebut hanya mengacu pada asumsi peneliti serta informasi tidak langsung yang diperoleh dari laporan.

d. Langkah 4: Mengklasifikasikan faktor-faktor penyebab kecelakaan ke dalam taksonomi HFACS.

Langkah 3 akan menghasilkan daftar faktor penyebab yang berkontribusi terhadap suatu kecelakaan. Kemudian pada langkah keempat ini, faktor-faktor tersebut dikelompokkan berdasarkan pada kategori yang ada dalam taksonomi HFACS. Pertama-tama pengklasifikasian dilakukan dengan mengidentifikasi lapisan yang sesuai dengan suatu faktor, kemudian mengidentifikasi sublapisan untuk mengelompokkan faktor-faktor tersebut. Hal yang perlu dicermati pada langkah 4 ini adalah bahwa peneliti harus memahami tiap kategori pada taksonomi HFACS, meliputi kriteria yang diatributkan pada masing-masing kategori serta batasan-batasan antar kategori yang ada.

e. Langkah 5: Menyusun rangkuman hasil klasifikasi.



Langkah berikutnya adalah menyusun rangkuman dari faktor-faktor penyebab kecelakaan, meliputi jumlah penyebab kecelakaan dalam satu lapisan dan sublapisan. Rangkuman tersebut dapat bermanfaat untuk proses analisis lebih lanjut.

f. Langkah 6: Menyusun identifikasi awal faktor sistem supra

Langkah berikutnya adalah menggabungkan dan membandingkan hasil dugaan faktor sistem supra dan hasil klasifikasi penyebab kecelakaan setiap jenis pesawat menggunakan HFACS. Hasil tersebut digunakan untuk mendapatkan hasil identifikasi awal faktor sistem supra HFACS di Indonesia. Hasil identifikasi awal ini akan digunakan sebagai acuan pertanyaan wawancara kepada narasumber-narasumber yang sudah ditentukan.

g. Langkah 7: Identifikasi Faktor Sistem supra pada HFACS

Langkah terakhir adalah pengolahan data untuk mengidentifikasi faktor sistem supra pada HFACS. Cara memperolehnya adalah dengan melakukan identifikasi faktor supra yang bisa mengakibatkan kecelakaan pada HFACS lalu dilanjutkan dengan melakukan identifikasi faktor supra yang mengakibatkan kecelakaan pesawat di Indonesia.

2.3 Konfirmasi

Tahap berikutnya yang dilakukan adalah melakukan konfirmasi terhadap hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan. Melakukan konfirmasi penting dilakukan untuk memperoleh jawaban dari tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Konfirmasi yang dilakukan yaitu mengenai faktor-faktor penyebab kecelakaan yang telah diperoleh dari pengolahan data menggunakan HFACS, terutama yang terkait dengan faktor sistem supra. Konfirmasi tersebut meliputi kebenaran mengenai adanya faktor sistem supra sebagai penyebab kecelakaan, serta mengenai penyertaan faktor sistem supra kepada taksonomi HFACS yang diperoleh melalui wawancara.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Identifikasi Awal Sistem Supra

Untuk dapat mengidentifikasi faktor sistem supra pada HFACS di Indonesia, pada awalnya dilakukan dugaan faktor sistem supra. Dugaan-dugaan yang dikumpulkan didapatkan dari studi literatur, diskusi, dan membaca laporan-laporan investigasi kecelakaan pesawat yang dirilis KNKT. Berikut hasil dugaan faktor sistem supra di Indonesia: regulasi penerbangan di Indonesia, intervensi masyarakat, pengawasan regulator, serta praktek KKN dan politisasi.

Setelah melakukan klasifikasi penyebab kecelakaan, didapatkan hasil yang diringkas sebagai berikut:

Tabel 1 Ringkasan Hasil Dugaan dan Klasifikasi Penyebab Kecelakaan

Faktor Supra di Indonesia	Dugaan	Regulasi penerbangan belum lengkap dan tepat
		Politisasi dan praktek KKN
		Masyarakat
		Implementasi regulasi yang belum baik
		Pengawasan yang belum efektif dari pemerintah
	Hasil Klasifikasi KNKT	Pelanggaran terhadap regulasi mengenai pelatihan
		Pengawasan yang kurang dari Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (DJPU) kepada maskapai

Kedua hasil tersebut kemudian dibandingkan untuk mendapatkan hasil identifikasi awal faktor sistem supra HFACS di Indonesia. Hasil identifikasi awal ini akan digunakan



sebagai acuan pertanyaan wawancara kepada narasumber-narasumber yang sudah ditentukan. Hasil identifikasi awal tertera pada tabel berikut:

Tabel 2 Hasil Identifikasi Awal Faktor Sistem supra HFACS di Indonesia

Faktor Supra di Indonesia	Dugaan	Regulasi Penerbangan belum lengkap dan tepat
		Politisasi dan Praktek KKN
		Masyarakat
	Terjadi di Kecelakaan Pesawat di Indonesia	Implementasi Regulasi yang belum baik
		Pengawasan yang belum efektif dari pemerintah

3.2 Hasil Identifikasi Faktor Sistem Supra

Kelima faktor supra tersebut akan diidentifikasi apakah mungkin terjadi pada tiap faktor sub sub lapisan HFACS. Hasil identifikasi pada tahap ini sudah bukan sekedar dugaan karena berdasarkan penuturan narasumber dan studi literatur. Apabila faktor mungkin terjadi, maka diberi tanda v pada kolom tersebut. Contohnya untuk faktor **sub sub lapisan HFACS sumber daya pada menara pengawas**, mungkin terjadi masalah akibat faktor supra **kelengkapan dan ketepatan regulasi** dan faktor **pengawasan regulator**. Hasil identifikasi tertera pada tabel 3.

Identifikasi faktor supra yang mengakibatkan kecelakaan pesawat di Indonesia dilakukan dengan membandingkan jumlah kejadian pada tiap faktor sub sub lapisan HFACS dengan identifikasi faktor supra yang mungkin mengakibatkan kecelakaan pada HFACS. Dengan demikian dapat diketahui faktor supra apa yang benar-benar terjadi pada kasus kecelakaan pesawat di Indonesia dan berapa kali faktor tersebut terjadi.

Contohnya untuk faktor sub sub lapisan HFACS **Sumber Daya pada Menara Pengawas**, mungkin terjadi masalah akibat faktor supra kelengkapan dan ketepatan regulasi dan faktor pengawasan regulator. Lalu dengan melihat kolom jumlah kejadian yang terletak di paling kanan, faktor sumber daya pada menara pengawas terjadi 2 kali selama 2001-2012. Dengan demikian disimpulkan bahwa terbukti faktor supra kelengkapan dan ketepatan regulasi dan faktor pengawasan regulator dapat memberi pengaruh terjadinya kecelakaan pesawat di Indonesia dan sebaiknya dicantumkan di dalam HFACS yang akan diimplementasikan di Indonesia. Hasil identifikasi tertera pada tabel 3.



Tabel 3 Matriks HFACS - Faktor Supra yang Terjadi pada Kecelakaan Penerbangan Indonesia 2001-2012

Lapisan HFACS	Sub Lapisan HFACS	Faktor Supra					Jumlah Kejadian	Persentase
		Sub Sub Lapisan HFACS	Kelengkapan dan Ketepatan	Implementasi	Pengawasan Regulator	Masyarakat		
4	Pengaruh Organisasi	Sumber Daya pada Menara Pengawas	v		v		2	0.88%
		Sumber Daya Bandara	v		v		1	2.20%
		Bantuan dan Dukungan Terhadap Operator					0	0.00%
		Manajemen Sumber Daya					0	0.00%
							0	0.00%
							0	0.00%
							0	1.32%
							0	0.00%
							0	0.00%
							0	0.00%
	Iklim dan Budaya Organisasi	Unit/Nilai Organisasi/Budaya					0	0.00%
		Proses Evaluasi/Promosi/Upgrade					0	0.00%
		Pandangan akan Kondisi Peralatan	v				1	0.88%
		Penonaktifan Unit, Pesawat, Kendaraan atau					0	0.00%
		Perlengkapan dan Peralatan	v				0	0.00%
		Struktur Organisasi					1	0.44%
		Tempo dan Ritme Operasi				v	0	0.44%
		Program dan Kebijakan Penilaian					2	0.88%
		Bahaya/Resiko	v				4	3.08%
		Publikasi/Panduan Prosedur	v				5	4.41%
Proses Operasional Operasi		Program dan Isu-Isu Pelatihan pada Organisasi	v		v		0	0.00%
		Doktrin					2	2.64%
		Program Manajemen dan Pengawasan						

3.3 Analisis Faktor Sistem supra yang Terjadi pada HFACS

Berdasarkan pengumpulan dan pengolahan data, didapatkan hasil bahwa faktor supra yang berpengaruh terhadap kecelakaan antara lain faktor kelengkapan dan ketepatan regulasi, implementasi regulasi, pengawasan regulator, dan masyarakat. Berikut analisis untuk masing-masing faktor sistem supra tersebut.

3.3.1 Analisis Regulasi Penerbangan di Indonesia

Dari data yang telah diolah, dapat diambil kesimpulan bahwa regulasi penerbangan di Indonesia sudah lengkap. Belum ditemukan bukti bahwa terdapat regulasi yang tidak tepat diterapkan di Indonesia. Namun dari sisi implementasi regulasi, terdapat beberapa temuan yang mengindikasikan bahwa terjadi pelanggaran terhadap regulasi. Dengan melihat tabel 4.7 masalah implementasi regulasi terdapat pada faktor sub sub lapisan tidak adanya penegakan disiplin yang terjadi satu kali, memberikan penerangan singkat mengenai tugas, pelanggaran yang bersifat rutin/menyeluruh.

3.3.2 Analisis Pengawasan Regulator di Indonesia

Salah satu permasalahan regulasi yang sering dilanggar adalah peraturan yang berkaitan dengan pelatihan (*recurrent training*). Selain merupakan masalah pelanggaran regulasi, masalah ini terjadi karena kurang ketatnya pengawasan dari regulator. Terdapat kasus mengenai keterlambatan pihak regulator dalam memperbaiki kesalahan yang sudah diketahui. Seringkali pemerintah selaku regulator menunggu terjadi kecelakaan terlebih dahulu.

Masalah pengawasan regulator antara lain terdapat pada sumber daya pada menara pengawas, sumber daya bandara, program dan isu-isu pelatihan pada organisasi, pengawasan-panutan, kebijakan pada pengawasan, kebugaran fisik, istirahat atau tidur yang cukup, kondisi kesehatan buruk yang tidak dilaporkan, serta pelanggaran yang bersifat rutin/menyeluruh.

3.3.3 Analisis Faktor Masyarakat pada HFACS

Terdapat dua temuan faktor masyarakat yang berpengaruh terhadap terjadinya kecelakaan pesawat di Indonesia. Pertama adalah kasus seorang kopilot muda yang sedang sakit memaksakan untuk ikut penerbangan akibat desakan sang ibu. Komunikasi pilot dan kopilot tidak berjalan lancar akibat kopilot sedang sakit dan salah menangkap maksud pilot. Kecelakaan pun



tidak dapat dihindarkan. Pada kasus ini kuatnya pengaruh seorang ibu terhadap anak kemungkinan besar tidak ditemukan di luar negeri. Contoh kedua adalah terjadinya kecelakaan di Bandara Budiarto, Curug, Tangerang, Banten pada 19 April 2010 akibat terdapat pengendara motor (warga sekitar bandara) yang melintas landasan terbang sebagai jalan pintas dari desa ke jalan utama.

3.4 Analisis Faktor Sistem supra yang Bisa Terjadi pada HFACS

Berdasarkan pengumpulan dan pengolahan data, didapatkan hasil bahwa faktor supra yang berpengaruh terhadap kecelakaan namun belum terjaring HFACS antara lain faktor politisasi dan praktek KKN.

3.4.1 Analisis Faktor Politisasi dan KKN

Tidak dapat dipungkiri lagi bahwa negara Indonesia masih belum bisa lepas dari budaya KKN. Salah satu contohnya adalah pengawasan pemerintah terhadap penerbangan Indonesia masih kurang efektif karena ditjen tidak melihat dan turun langsung sendiri ke lapangan, sedangkan terdapat praktek korupsi oleh staff yang menerima uang suap dari perusahaan.

Pada suatu maskapai, terdapat kasus pilot diminta terbang 130 jam per bulan tanpa henti selama satu tahun. Hal tersebut merupakan pelanggaran terhadap regulasi yang ada. Seharusnya jika terbukti bersalah maskapai tersebut dihukum. Kenyataannya perusahaan menawarkan bonus insentif yang besar kepada pilot agar tergiur menerima terbang melebihi batas. Hal tersebut dapat terjadi karena pengawasan yang belum berjalan baik dari regulator. Tidak hanya pada pilot, di bagian maintenance juga terdapat kasus-kasus serupa.

Selain itu terdapat pula kasus pesawat yang rusak dipaksakan tetap terbang oleh perusahaan dengan syarat hanya terbang pada saat terang. Ternyata pada penerbangan itu, estimasi waktu mendarat adalah pada malam hari. Perusahaan tersebut menawarkan bonus insentif yang besar kepada pilot untuk tetap melakukan penerbangan berbahaya tersebut.

3.5 Analisis Faktor Sistem supra di Luar HFACS

Selain temuan faktor sistem supra yang teridentifikasi melalui klasifikasi kecelakaan dengan HFACS, ditemukan pula masalah-masalah di luar HFACS yang didapatkan dari metode wawancara. Temuan pertama adalah mengenai faktor pengawasan regulator. Salah satu penyebab kurang efektifnya kinerja regulator di Indonesia adalah karena kurangnya jumlah pengawas. Padahal tugas pengawas di Indonesia sangat banyak. Akibat dari kekurangan pengawas, terdapat pengawas yang tidak memenuhi kualifikasi. Hal tersebut dapat membahayakan penerbangan mengingat krusialnya keputusan Direktorat Sertifikasi Kelayakan Udara. Apabila sang pengawas tidak terqualifikasi, dikhawatirkan pengawas memberi keputusan yang salah dan membahayakan. Pengawas yang tidak memenuhi kualifikasi salah satunya disebabkan oleh hal berikut ini:

Hanya setelah dua tahun sekolah di Curug, pilot muda langsung diminta menjadi pengawas. Pengawas yang berusia sangat muda dan belum berpengalaman biasanya menjadi bahan tertawaan pilot-pilot airline yang disurveinya. Padahal seharusnya seorang pengawas itu memiliki pengalaman dan pengetahuan yang banyak sehingga performansi kerjanya sebagai pengawas baik.

Gaji pengawas operasi (yang merupakan seorang pilot terqualifikasi) dengan pilot maskapai beda 10 kali lipat, bukan 10-20%. Dengan pemasukan yang relatif kecil, pengawas operasi melakukan segala cara untuk hidup. Akhirnya pengawas meminta untuk dipekerjakan di airline untuk mendapatkan tambahan pemasukan. Ironisnya banyak airline yang oportunis dengan keadaan pilot Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (DJPU). Mereka meminta pilot tersebut terbang 50 jam per bulan sehingga tidak ada waktu untuk pilot DJPU untuk berada di kantor menjalankan fungsinya sebagai pengawas. Seharusnya regulator itu independen terpisah dari Departemen Perhubungan, sehingga mengatur keuangannya sendiri. Gaji pilot pengawas yang terlalu kecil merupakan kendala bagi pengawas untuk menjalankan tugasnya dengan baik.

Temuan kedua adalah mengenai kelengkapan regulasi. Indonesia belum memiliki regulasi yang mengatur regulator. Regulasi harus mengatur regulator agar regulator tidak berbuat sesuka



hati. Pada prakteknya, regulator di Indonesia bertindak sebagai operator dan memegang beberapa bandara sehingga terdapat celah untuk berbuat sesuka hati.

Diskusi

Terbukti bahwa terdapat faktor-faktor sistem supra yang berpengaruh terhadap penerbangan di Indonesia, yang diyakini tidak ditemukan di Amerika Serikat, negara dimana HFACS berasal. HFACS yang ada saat ini dikembangkan oleh budaya yang berbeda dengan Indonesia, regulasi yang sama yaitu regulasi penerbangan internasional, namun faktor implementasinya yang berbeda. Di Indonesia masih terdapat regulasi yang dilanggar. Implementasi pada dasarnya ada dua hal besar, yaitu pelaksanaannya dan pengawasannya sebagai bagian penting dari pengawasan terhadap dipastikannya regulasi itu berjalan.

Ditemukan bahwa di Indonesia, pelanggaran terhadap regulasi diakibatkan oleh pelaksanaan perusahaan yang buruk dan pengawasan pemerintah sebagai regulator yang tidak efektif. Terkait dengan faktor sistem supra, faktor pengawasan regulator yang menjadi sorotan. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengawasan regulator yang tidak berjalan efektif sempurna disebabkan masalah kurangnya petugas pengawas dan masih terdapat praktek politisasi dan KKN. Implikasi lain dari kurangnya pengawas adalah direkrutnya pengawas yang tidak memenuhi kualifikasi. Hal tersebut dapat membahayakan penerbangan mengingat krusialnya keputusan Direktorat Sertifikasi Kelayakan Udara. Apabila sang pengawas tidak terqualifikasi, dikhawatirkan pengawas memberi keputusan yang salah dan membahayakan.

Tidak seperti di Amerika Serikat, Indonesia belum bisa terlepas dari budaya politisasi dan KKN dengan berbagai tujuan, antara lain meraih keuntungan pribadi maupun untuk mengambil jalan pintas dari suatu masalah. Di dunia penerbangan yang menggunakan teknologi tinggi, politisasi dan KKN harus dibasmi karena secara langsung maupun tak langsung dapat membahayakan keselamatan orang banyak.

Contoh kurangnya pengawasan regulator adalah pada kasus kecelakaan Adam pada 1 Januari 2007 di Makassar, Sulawesi. Hasil laporan KNKT menyatakan tidak ada bukti bahwa sebelum Desember 2006 DJPU aktif memastikan Adam Air memperbaiki kegagalan-kegagalan IRS pada armada Boeing 737 milik Adam Air. Selain itu tidak ada bukti bahwa DJPU sadar bahwa program keandalan komponen Adam Air tidak memastikan efektivitas dan kelayakan udara dari komponen armada pesawat milik Adam Air. Kasus Adam Air merupakan contoh terdapat implementasi yang tidak baik akan regulasi penerbangan di Indonesia baik pelaksanaan oleh maskapai maupun pengawasan oleh pemerintah.

Melihat analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa HFACS tidak lengkap untuk dipakai di Indonesia karena ada faktor sistem supra khas Indonesia yang belum dipertimbangkan dalam kodifikasi HFACS. Agar HFACS lebih tepat digunakan di Indonesia, berikut faktor-faktor sistem supra yang perlu disertakan:

- ☐ Pengawasan regulator terhadap implementasi regulasi penerbangan.
 - Faktor kurang inspektor
 - Faktor politisasi dan KKN
 - Faktor kesalahan regulator
 - Faktor pelanggaran regulator
- ☐ Pengawasan regulator kepada maskapai.
- ☐ Pengawasan regulator kepada masyarakat atau pihak luar lainnya yang dapat mempengaruhi penerbangan.

4. Kesimpulan Dan Saran

Faktor-faktor sistem supra HFACS di Indonesia yang teridentifikasi antara lain faktor kelengkapan dan ketepatan regulasi, faktor implementasi regulasi, faktor pengawasan regulator, faktor masyarakat, dan faktor politisasi dan KKN. Faktor-faktor sistem supra yang teridentifikasi itu merupakan khas dari keadaan di Indonesia dan tidak sama dengan keadaan di Amerika Serikat.

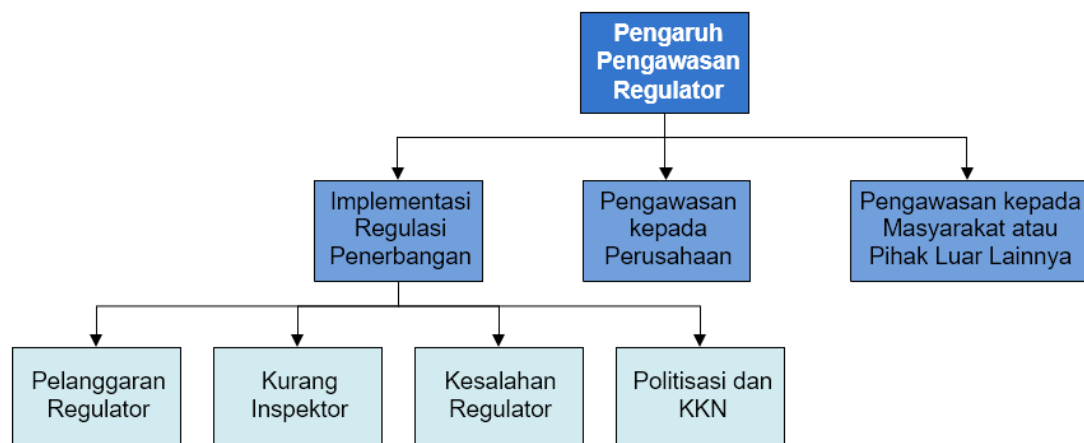


Faktor supra yang paling sering terjadi pada kecelakaan penerbangan Indonesia pada rentang tahun 2001 hingga 2012 adalah kelengkapan dan ketepatan regulasi (dengan persentase 44.86% dari total faktor supra) dan faktor pengawasan regulator 44.86%. Sedangkan untuk faktor lainnya, faktor implementasi terjadi 9.35%, faktor masyarakat 0.93%, dan politisasi dan KKN 0.00%.

Kelima faktor tersebut dapat diturunkan sebagai berikut. Faktor pengawasan regulator terhadap implementasi regulasi penerbangan dapat dipecah menjadi subfaktor kurang jumlah pengawas, subfaktor politisasi dan KKN, subfaktor kesalahan regulator, dan subfaktor pelanggaran regulator. Kedua faktor lainnya adalah faktor pengawasan regulator kepada maskapai (perusahaan penerbangan) dan faktor pengawasan regulator kepada masyarakat atau pihak luar lainnya yang dapat mempengaruhi penerbangan.

Terbukti dugaan bahwa HFACS tidak lengkap untuk dipakai di Indonesia karena ada faktor sistem supra khas Indonesia yang belum dipertimbangkan dalam kodifikasi HFACS. Agar HFACS lebih tepat digunakan di Indonesia, faktor-faktor sistem supra perlu disertakan ke dalam taksonominya. Dengan menyertakan faktor-faktor sistem supra tersebut ke dalam taksonomi HFACS Indonesia, diharapkan hasil investigasi kecelakaan pesawat di Indonesia menjadi lebih sempurna menjangkau *human error* yang terjadi sehingga diperoleh lebih banyak rekomendasi-rekomendasi yang membangun penerbangan Indonesia.

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai kontribusi awal bagi pengembangan lebih lanjut dari HFACS sebagai salah satu metode investigasi yang secara umum turut memperhitungkan faktor-faktor supra. Faktor-faktor sistem supra yang teridentifikasi hasil studi penelitian ini dapat masuk ke masuk ke taksonomi yang sudah ada dan mungkin perlu menambah lapisan baru di atas lapisan pengaruh organisasi. Berikut usulan lapisan baru yang perlu ditambah:



Gambar 1. Usulan Lapisan Baru untuk HFACS Indonesia

Daftar Pustaka

- Aviation Research and Analysis Report – B2004/0321 Final. (2007). *Human factors analysis of Australian aviation accidents and comparison with the United States*. Canberra: Australian Transport Safety Bureau.
- Jambak, M. I. (2011). *Perancangan Petunjuk Pelaksanaan Investigasi Kecelakaan Menggunakan Metode HFACS*. Institut Teknologi Bandung.
- Li, W.C., Harris, D., & Chen, A. (2007). Eastern mind in western cockpit: Meta-analysis of human factors in mishaps from three nations, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*.
- Olsen, N.S., and Shorock, S.T., (2009). Evaluation of HFACS-ADF Safety Classification System: Inter - Coder and Intra-Coder Consistency, *Accident Analysis and Prevention xxx (2009) xxx-xxx*. Elsevier Ltd.



- Paletz, S.B.F., (2009). Socializing the Human Factors Analysis and Classification System: Incorporating Social Psychological Phenomena into a Human Factors Error Classification System, *Human Factors*.
- Shappell, S. A., Wiegmann, D., Ergai, A., Cohen, T., Sharp J. (2016) Assessment of the human factors analysis and classification system (HFACS): Intra-rater and inter-rater reliability. *Safety Science* (82), 393-398.
- Shappell, S.A. & Wiegmann, D.A. (2000). *The human factors analysis and classification system – HFACS*. Washington, DC: Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine.
- Shappell, S.A. & Wiegmann, D.A. (2001). Applying Reason: The human factors analysis and classification system (HFACS). *Human Factors and Aerospace Safety*, 1, 59-86.
- Shappell, S., et al. (2007). Human error and commercial aviation accidents: An analysis using the human factors analysis and classification system. *Human Factors*, 49, 227-242.
- Wiegmann, D.A. & Shappell, S.A. (2001). *A human error analysis of commercial aviation accidents using the human factors analysis and classification system (HFACS)*. Washington, DC: Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine.
- Wiegmann, D. A., & Shappell, S.A. (2003). *A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system*. London: Ashgate Publishing Company.



Redesign Stasiun Kerja Pencantingan Batik yang Ergonomis

Jazuli¹, Dedi Nurcipto², Ilham Shalahuddin Afif³

^{1,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro Semarang
Email: jazuli@dsn.dinus.ac.id

² Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro Semarang
E-mail: dedinurcipto@gmail.com

Intisari

Industri batik merupakan salah satu unggulan yang identik dengan bangsa Indonesia akan tetapi teknik dan sistem produksi yang masih kurang efektif dan efisien menyebabkan pertumbuhannya lambat. Batik tulis merupakan salah satu jenis batik yang merupakan khas Indonesia dengan teknik pembuatannya adalah melalui proses pencantingan, proses ini membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu 2-3 minggu untuk menghasilkan pola batik utuh dalam satu kain. Dengan demikian pekerja pada stasiun kerja pencantingan bekerja dengan tingkat ketelitian dan memiliki kelelahan yang cukup tinggi dengan nilai skor analisis RULA adalah 7 yang membutuhkan investigasi dan perubahan segera. Stasiun kerja pencantingan yang kurang ergonomis tersebut harus segera dilakukan perancangan ulang dengan menerapkan pendekatan Ergonomic Function Deployment (EFD) sehingga suara pekerja untuk menciptakan rancangan stasiun kerja yang baru juga diperhatikan, begitu juga ukuran memperhatikan anthropometri dari pekerja. Hasil perancangan mendapatkan bahwa panjang rentang gawangan 143 cm, tinggi gawangan adjustable untuk mengakomodir seluruh ukuran persentil yang ada, sedangkan tinggi kursi menyesuaikan standart tinggi kursi yang ada atau dengan tinggi 43 cm. Dengan hasil ukuran rancangan stasiun kerja yang telah menyesuaikan dengan anthropometri maka stasiun kerja pencantingan menjadi ergonomis dan dapat menurunkan keluhan pekerja.

Kata Kunci : Batik Tulis, Ergonomi, Ergonomic Function Deployment (EFD)

1. Pendahuluan

Pembinaan Industri Kecil Menengah (IKM) Pengrajin Batik merupakan salah satu program kerja Dinas Perindustrian Perdagangan dan Koperasi Provinsi Jawa Tengah Seksi Industri Logam dan Tekstil. Data tahun 2013 yang dikeluarkan oleh Dinas Perindustrian dan Perdagangan Provinsi Jawa Tengah menunjukkan bahwa terdapat 1.611 unit industri batik (Disperindag, 2013). Beberapa diantaranya ada Batik Semarang, Batik Cantingmas, Batik Semarang 16 dan Batik Pasha.

Pembuatan batik tulis sendiri melewati beberapa proses, pada awalnya dilakukan proses ngemplong. Kemudian dilanjutkan dengan pengeloyoran. Setelah itu dilanjutkan proses nyorek atau memola, yaitu proses menjiplak atau membuat pola di atas kain mori dengan cara meniru pola motif yang sudah ada, atau biasa disebut dengan ngeblat. Selanjutnya masuk ke tahapan mencanting. Selanjutnya masuk ke proses nembok. Tahap akhir masuk ke proses nglorot. Pembatik duduk menghadap kain yang diletakkan pada gawangan yang terbuat dari kayu. Dapat dilihat pada gambar 1 ketinggian kursi ± 30 cm dan gawangan pembatik ± 70 cm. Posisi kerja seperti ini cukup lama, ± 8 jam sehari. Kondisi ini menyebabkan pembatik mudah merasa lelah dan keluhan ketidaknyamanan maupun pegal pada tubuh bagian leher, bahu, pinggang, lutut dan kaki. Dimana pada bagian anggota tubuh tersebut gerakannya terbatas dan harus menahan pada posisi yang tidak ergonomis dalam waktu yang cukup lama. Menurut Tarwaka (2004), usia seseorang berbanding langsung dengan kapasitas fisik sampai batas waktu tertentu dan mencapai puncaknya pada usia 25 tahun. Pada usia 50-60 tahun kekuatan otot menurun sebesar 25% dan



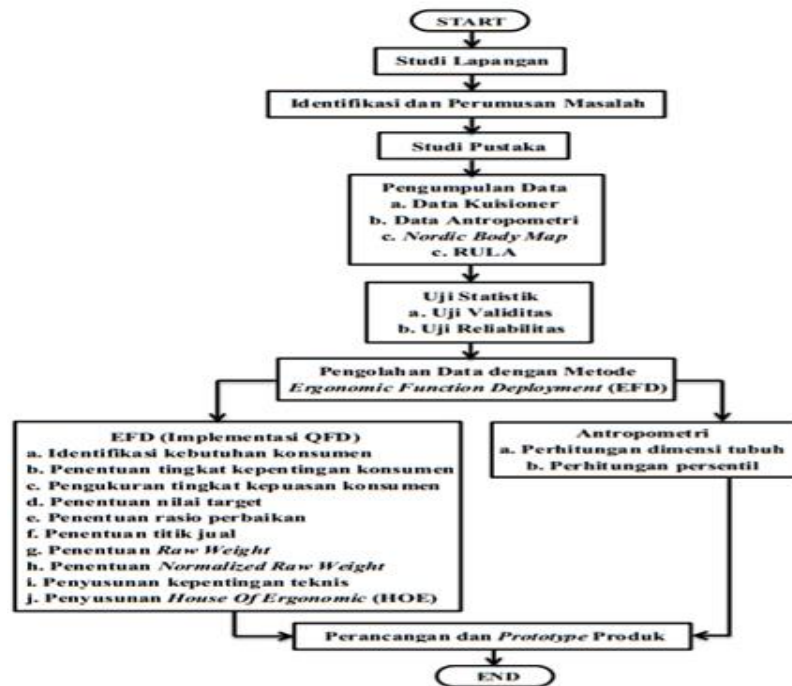
kemampuan sensorik-sensorik menurun sebesar 60%. Sedangkan Menurut Cohen, dkk (1997), nyeri otot pada leher dan bahu lebih sering terjadi pada perempuan dibandingkan laki-laki, baik pada populasi umum maupun pada populasi industri.

Menurut Suma'mur (1992), menyatakan bahwa penerapan ergonomi ke dalam sistem kerja telah terbukti mampu meningkatkan produktivitas, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan kerja. Menurut MacLeod (2000), suatu pekerjaan yang dilakukan dalam waktu singkat namun membutuhkan tenaga besar akan berimplikasi berbeda dengan pekerjaan yang dilakukan dengan durasi lama namun relatif dengan beban yang relative stabil. Gerakan berulang merupakan suatu gerakan dilakukan secara berulang-ulang yang dilakukan dalam kurun waktu tertentu. Keperahan dari gerakan berulang bergantung dari frekuensi dan kecepatan, jumlah otot yang bekerja, dan tenaga yang harus dikeluarkan (OHSA, 2000). Sedangkan Menurut Tarwaka (2004), apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan hingga kerusakan ini biasanya diistilahkan dengan keluhan *musculoskeletal disorders* atau cedera pada sistem *muskuloskeletal*. Keluhan *musculoskeletal* ternyata posisi duduk di atas lantai 57,13% ; posisi duduk di atas dingklik 49,87% sehingga terjadi penurunan terhadap tingkat keluhan *musculoskeletal* sebesar 12,71%. Dilihat dari sisi kelelahan maka posisi duduk di atas lantai 53,73%, posisi duduk di atas dingklik 40,87%, sehingga terjadi penurunan terhadap tingkat kelelahan sebesar 23,93% (Siswiyanti dan Luthfianto, 2011). Menurut Jazuli, dkk (2016) keluhan berdasarkan kuesioner NBM pada operator pencantingan 96% pada bagian lengan kiri atas, paha kanan dan lutut kanan, sedangkan pada stasiun pengecapan 100% keluhan hampir pada seluruh bagian tubuh, dan pada stasiun pelorotan 100% keluhan pada bagian pergelangan tangan kanan, kedua kaki dan pergelangannya. Hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan terhadap 15 responden pembatik tulis ternyata kegiatan mencanting menimbulkan keluhan *musculoskeletal* dan kelelahan. Dilihat dari sisi keluhan musculoskeletal yaitu 100% sakit pada bahu kanan dan pinggang, 73% sakit pada punggung dan pantat, 60% sakit pada leher bawah dan tangan kanan, 47% sakit pada leher bawah, lutut kiri, lutut kanan dan pergelangan kaki kanan, 33% sakit pada betis. Dilihat dari kelelahan yaitu : 33% kelelahan akibat kegiatan mencanting, 47% kelelahan akibat postur tubuh yang tidak baik saat melakukan aktivitas mencanting, 20% kelelahan akibat lingkungan kerja. Kondisi keluhan akibat pekerjaan tersebut yang akan dibahas dan diselesaikan dalam penelitian ini dengan menerapkan prinsip ergonomis pada pembatik tulis.

2. Metodologi

Penelitian dilakukan di beberapa Industri Kecil Menengah Batik Tulis area Semarang dan sekitarnya. Pengambilan data dilakukan pada bulan Mei 2016 sampai dengan Bulan Mei 2017. Teknik pengambilan data yang dilakukan adalah dengan kuesioner meliputi kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) dan kuesioner keinginan/kebutuhan pelanggan disamping itu juga data terkait dengan waktu proses dan lingkungan kerja yang ada. Alur penelitian seperti di tunjukkan pada Gambar 1 berikut ini.





Gambar 1. Alur Penelitian

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Analisis keluhan kerja

Hasil observasi yang dilakukan di lokasi penelitian menunjukkan hasil keluhan otot (*mosculeskeletal*) yang dirasakan oleh pekerja pencantingan adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 1, sedangkan analisis yang dilakukan dari kondisi tersebut menggunakan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Kuisioner NBM

Lokasi Keluhan	Jumlah (orang)	Lokasi Keluhan	Jumlah (orang)
Leher Atas	47%	Pergelangan Tangan Kiri	0%
Leher Bawah	60%	Pergelangan Tangan Kanan	27%
Bahu Kiri	33%	Tangan Kiri	0%
Bahu Kanan	100%	Tangan Kanan	60%
Lengan Atas Kiri	0%	Paha Kiri	0%
Punggung	73%	Paha Kanan	0%
Lengan Atas Kanan	20%	Lutut Kiri	47%
Pinggang	100%	Lutut Kanan	47%
Pantat (buttock)	33%	Betis Kiri	33%
Pantat (bottom)	73%	Betis Kanan	33%
Siku Kiri	0%	Pergelangan Kaki Kiri	0%
Siku Kanan	20%	Pergelangan Kaki Kanan	47%
Lengan Bawah Kiri	0%	Kaki Kiri	0%
Lengan Bawah Kanan	20%	Kaki Kanan	0%

Tabel 2. Tabel Nilai RULA

SCORE: 7		
SCORE	ACTION LEVEL	INTERVENTION
1 or 2	1	Posture is acceptable if it is not maintained or repeated for long periods.
3 or 4	2	Further investigation is needed and changes may be required.
5 or 6	3	Investigation and changes are required soon.
7	4	Investigation and changes are required immediately.

Hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1 didapat bahwa keluhan terjadi atau sering dirasakan oleh pekerja pencantingan adalah pada bahu kanan 100%, pinggang 100%, pantat 73%, punggung 73%, leher bawah 60% dan tangan kanan 60%, sedangkan analisis RULA menghasilkan skor 7



dengan *action level* 4 yang artinya membutuhkan investigasi dan harus segera dilakukan perubahan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi stasiun kerja saat ini tidak ergonomis karena menimbulkan keluhan otot pekerja dan harus dilakukan perubahan desain lingkungan kerja atau stasiun kerja pencantingan.

3.2 Ergonomic Function Deployment

Ergonomic Function Deployment (EFD) merupakan pengembangan dari *Quality Function Deployment* (QFD) yaitu dengan menambahkan hubungan baru antara keinginan konsumen dan aspek ergonomi dari produk (Ulrich & Eppinger, 1995). Dalam upaya melakukan perubahan stasiun kerja pencantingan ini dilakukan dengan memberikan kuesioner tingkat kepentingan pekerja dan tingkat kepuasan pekerja sehingga hasil rancangan yang akan dikerjakan juga melibatkan harapan atau suara dari para pekerja yang akan menggunakannya.

1. Tingkat Kepentingan Pekerja

Pada tahapan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepentingan kebutuhan pekerja terhadap stasiun kerja yang ergonomis. Hasil kuesioner untuk kepentingan pekerja terhadap atribut yang akan dibuat adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 3:

2. Tingkat Kepuasan Pekerja

Pada tahap ini dilakukan penilaian sejauh mana kepuasan pekerja terhadap atribut stasiun kerja sesuai dengan tahapan pertama yang sudah ada adalah sebagai berikut ditunjukkan pada Tabel 4:

Tabel 3. Rekap Data Hasil Tingkat Kepentingan

NO	VARIABEL KEINGINAN/KEBUTUHAN	NILAI KINERJA
1	Stasiun kerja pencantingan mudah dalam penggunaan	3,95
2	Stasiun kerja pencantingan memiliki konstruksi yang kuat	3,79
3	Stasiun kerja pencantingan memiliki kapasitas yang maksimal	4,05
4	Stasiun kerja pencantingan ergonomis	4,11
5	Stasiun kerja pencantingan nyaman digunakan	4,16
6	Stasiun kerja pencantingan aman digunakan	4,05
7	Stasiun kerja pencantingan tidak melelahkan saat digunakan	4,26
8	Stasiun kerja pencantingan memiliki kualitas yang baik	3,79
9	Stasiun kerja pencantingan mudah dalam perawatan	4
10	Stasiun kerja pencantingan tahan lama (awet)	4,16

Tabel 4. Rekap Data Hasil Tingkat Kepuasan

NO	VARIABEL KEINGINAN/KEBUTUHAN	NILAI KINERJA
1	Stasiun kerja pencantingan mudah dalam penggunaan	2,47
2	Stasiun kerja pencantingan memiliki konstruksi yang kuat	2,68
3	Stasiun kerja pencantingan memiliki kapasitas yang maksimal	2,79
4	Stasiun kerja pencantingan ergonomis	2,21
5	Stasiun kerja pencantingan nyaman digunakan	2,26
6	Stasiun kerja pencantingan aman digunakan	2,84
7	Stasiun kerja pencantingan tidak melelahkan saat digunakan	2,42
8	Stasiun kerja pencantingan memiliki kualitas yang baik	2,63
9	Stasiun kerja pencantingan mudah dalam perawatan	2,32
10	Stasiun kerja pencantingan tahan lama (awet)	2,37

3. Nilai Target (*Goal*)

Pada tahap ini, nilai target ditentukan oleh pihak perusahaan yang menunjukkan target nilai yang akan dicapai untuk tiap kebutuhan pekerja berdasarkan harapan atau keinginan pekerja. Berikut ini adalah hasil Nilai Target untuk produk Stasiun Kerja Canting yang Ergonomis:



Tabel 5. *Goal* (Target)

NO	VARIABEL KEINGINAN/KEBUTUHAN	NILAI KINERJA
1	Stasiun kerja pencantingan tidak melelahkan saat digunakan	4,26
2	Stasiun kerja pencantingan nyaman digunakan	4,16
3	Stasiun kerja pencantingan tahan lama (awet)	4,16
4	Stasiun kerja pencantingan ergonomis	4,11
5	Stasiun kerja pencantingan memiliki kapasitas yang maksimal	4,05
6	Stasiun kerja pencantingan aman digunakan	4,05
7	Stasiun kerja pencantingan mudah dalam perawatan	4
8	Stasiun kerja pencantingan mudah dalam penggunaan	3,95
9	Stasiun kerja pencantingan memiliki konstruksi yang kuat	3,79
10	Stasiun kerja pencantingan memiliki kualitas yang baik	3,79

Dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa harapan tertinggi untuk diwujudkan adalah stasiun kerja pencantingan tidak melelahkan saat digunakan, dan nyaman saat digunakan serta tahan lama, hal tersebut yang akan menjadi fokus pengembangan perancangan.

4. Rasio Perbaikan (*Improvement Ratio*)

Pada tahap ini, rasio perbaikan digunakan untuk membandingkan antara nilai target yang akan dicapai (*goal*) pihak perusahaan dengan tingkat kepuasan pekerja terhadap suatu produk. Berikut ini adalah hasil Nilai Rasio Perbaikan untuk produk Stasiun Kerja Canting yang Ergonomis:

Tabel 6. *Improvement Ratio*

NO	VARIABEL KEINGINAN/KEBUTUHAN	Improvement Rasio
1	Stasiun kerja pencantingan tidak melelahkan saat digunakan	1,76
2	Stasiun kerja pencantingan nyaman digunakan	1,84
3	Stasiun kerja pencantingan tahan lama (awet)	1,76
4	Stasiun kerja pencantingan ergonomis	1,86
5	Stasiun kerja pencantingan memiliki kapasitas yang maksimal	1,45
6	Stasiun kerja pencantingan aman digunakan	1,43
7	Stasiun kerja pencantingan mudah dalam perawatan	1,73
8	Stasiun kerja pencantingan mudah dalam penggunaan	1,6
9	Stasiun kerja pencantingan memiliki konstruksi yang kuat	1,76
10	Stasiun kerja pencantingan memiliki kualitas yang baik	1,44

5. *Technical Responses*

Pada tahap ini, *Technical Responses* berisi data atau informasi teknis yang digunakan untuk mendeskripsikan kinerja dari stasiun kerja pencantingan yang dirancang. Cara yang dapat digunakan untuk menentukan isi dari matrik ini adalah dengan menentukan dimensi dan cara mengukurnya, dengan melihat fungsi tersebut dan subsistemnya. Berikut ini adalah hasil *Technical Responses* untuk produk Stasiun Kerja Pencantingan yang Ergonomis seperti ditunjukkan pada Tabel 7:



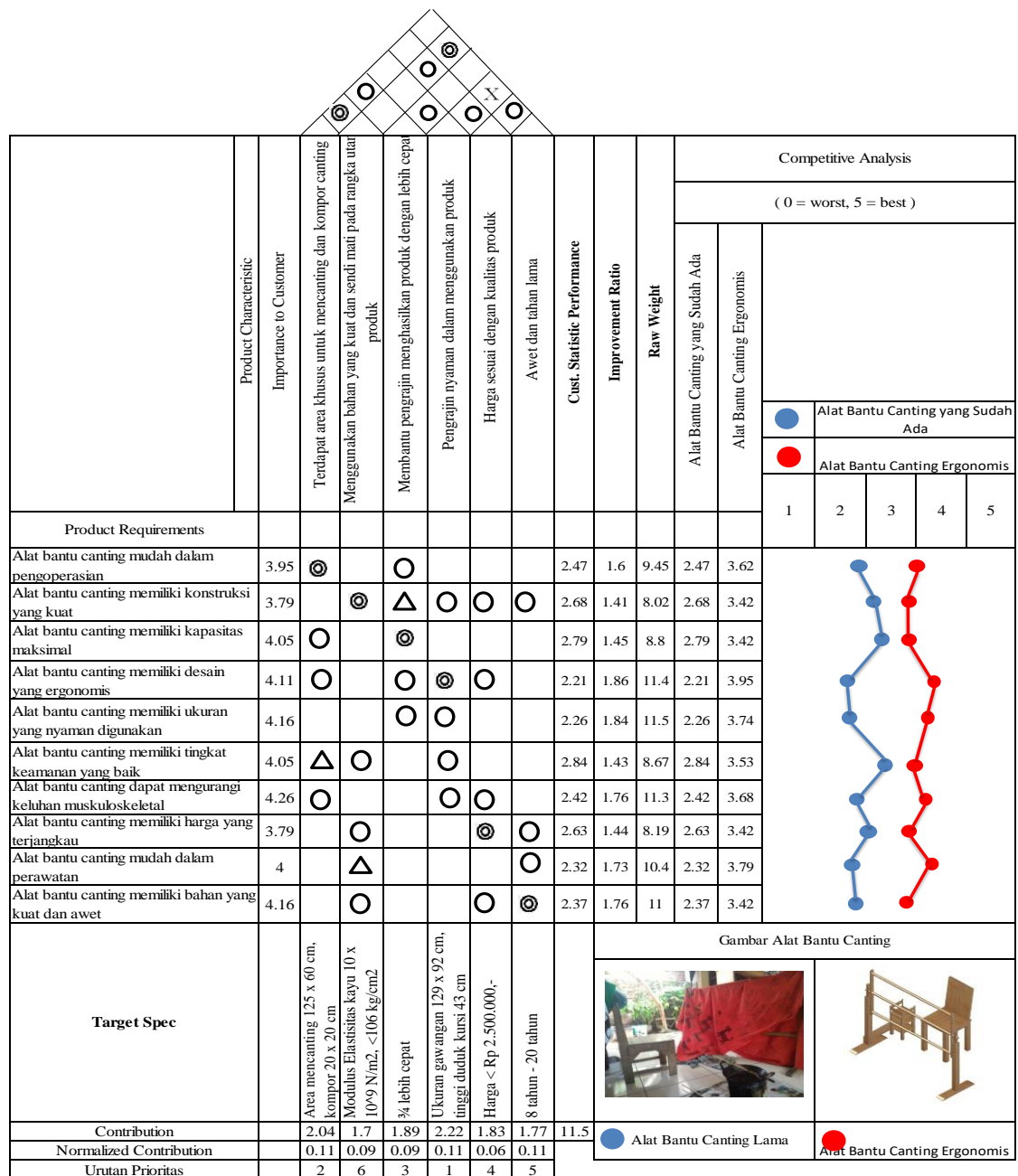
Tabel 7. *Technical Responses*

No	Tingkat Kepentingan	Karakteristik Teknis
1	Stasiun kerja pencantingan mudah dalam pengoperasian	Terdapat area khusus untuk mencanting dan kompor canting
2	Stasiun kerja pencantingan memiliki konstruksi yang kuat	Menggunakan bahan yang kuat dan sendi mati pada rangka utama produk
3	Stasiun kerja pencantingan memiliki kapasitas maksimal	Membantu pengrajin menghasilkan produk dengan lebih cepat
4	Stasiun kerja pencantingan memiliki desain yang ergonomis	Pengrajin nyaman dalam menggunakan produk
5	Stasiun kerja pencantingan memiliki ukuran yang nyaman digunakan	
6	Stasiun kerja pencantingan memiliki tingkat keamanan yang baik	Tidak menciderai pengrajin
7	Stasiun kerja pencantingan dapat mengurangi keluhan musculoskeletal	Mengurangi pegal pada bagian tubuh yang digunakan saat mencanting
8	Stasiun kerja pencantingan memiliki kualitas produk yang baik	Memperhatikan aspek K3 pekerja
9	Stasiun kerja pencantingan mudah dalam perawatan	Proses perawatan mudah dilakukan
10	Stasiun kerja pencantingan memiliki bahan baku yang kuat dan awet	Awet dan tahan lama

6. *House of Ergonomic*

Tahapan selanjutnya adalah menyusun *House Of Ergonomic* (HOE) berdasarkan hasil olah data yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut hasil penyusunan HOE Stasiun Kerja Canting yang Ergonomis seperti ditunjukkan pada Gambar 2:





Gambar 2. House of Ergonomic

Dari Gambar 2 tersebut didapatkan hasil akhir secara teknis untuk urutan perancangan ulang stasiun kerja pencantingan adalah yang 1) Nyaman saat digunakan; 2) peralatan pendukung mudah dijangkau (tempat khusus untuk mencanting dan kompor; 3) membantu meningkatkan output kerja, ketiga hal tersebut menjadi dasar utama dalam pengembangan perancangan ulang stasiun kerja pencantingan.

3.3 Anthropometri dan Perancangan

Menurut Harrianto (2008), Ukuran-ukuran tubuh manusia sangat bervariasi, bergantung pada umur, jenis kelamin, ras, pekerjaan dan periode dari masa ke masa. Pengukuran dimensi-dimensi tubuh manusia merupakan bagian yang terpenting dari antropometri karena akan menjadi data dasar untuk mempersiapkan desain berbagai peralatan, mesin, proses dan tempat kerja. Tahapan

selanjutnya adalah melakukan pengambilan data antropometri sebagai dasar dimensi ukuran produk. Berikut tabel rekap data antropometri yang diambil ditunjukkan dalam Tabel 8 yang kemudian diolah untuk mendapatkan ukuran persentil yang akan digunakan dalam perancangan:

Tabel 8. *Data Anthropometri*

No	TSD	TPD	TLD	RT	JT	No	TSD	TPD	TLD	RT	JT
1	25	43	56.5	172	85	11	24.5	41.5	57	174	84
2	24	46	57	186	88	12	28	45	60	186	88
3	25	43	57	178	85	13	28	41	56	165	81
4	25	41	55	162	78	14	27	41	56	168	78
5	26	42	59	176	88	15	27	42	58	176	86
6	26	44	63	180	94	16	25	43	58	170	83
7	26	43	56	168	75	17	29	46	60	186	90
8	24	46	59	187	91	18	25	45	59.5	171	81
9	26.5	41	59	169	81	19	25	43	54	172	86
10	26	40	58.5	159	77	20	29	43	60	184	92

Tabel 9. Hasil Perhitungan Persentil

	P5	P50	P95
TSD	24	26	29
TPD	40	43	46
TLD	55	58	61
RT	161	175	188
JT	76	85	93

Tahapan terakhir adalah melakukan perancangan desain dengan mempertimbangkan dan mengolah data yang diperoleh. Adapun data yang diperoleh terkait dengan kebutuhan pekerja, target spesifikasi dan data antropometri. Berikut hasil perancangan desain produk stasiun kerja pencantingan yang ergonomis. Perancangan desain ini dilakukan dengan mempertimbangkan dan mengolah seluruh data yang diperoleh yakni mengenai kebutuhan konsumen, target spesifikasi, dan data antropometri. Berikut adalah pertimbangan penentuan dimensi dari produk yang akan dirancang.

a) Panjang gawangan canting.

Ukuran panjang gawangan meja yang digunakan berdasarkan nilai Rentangan Tangan persentil 5 yaitu 161 cm, tetapi dalam pembuatan produk dibuat menjadi 143 cm, sehingga semua ukuran tubuh persentil rentangan tangan bisa menjangkau dan nilai tersebut juga berdasarkan pada lebar kain batik yaitu 115 cm.

b) Tinggi penyangga gawangan canting

Dalam perancangan tinggi penyangga gawangan canting diperlukan ukuran yang meliputi Tinggi Siku Duduk (Tsd) ditambahkan dengan Tinggi Popliteal Duduk (Tpd). Pada pengukuran ketinggian meja menggunakan persentil 50 agar saat orang duduk ketinggian meja bisa sesuai, baik yang berukuran pendek maupun yang berukuran tinggi dapat menggunakan meja dengan nyaman. Untuk ukuran ketinggian penyangga gawangan digunakan Tinggi Siku Duduk persentil 50 yaitu 26 cm dan Tinggi Popliteal Duduk persentil 50 yaitu 43 cm. Maka ketinggian penyangga gawangan yang dikehendaki yaitu 70 cm.

c) Tinggi tempat kompor

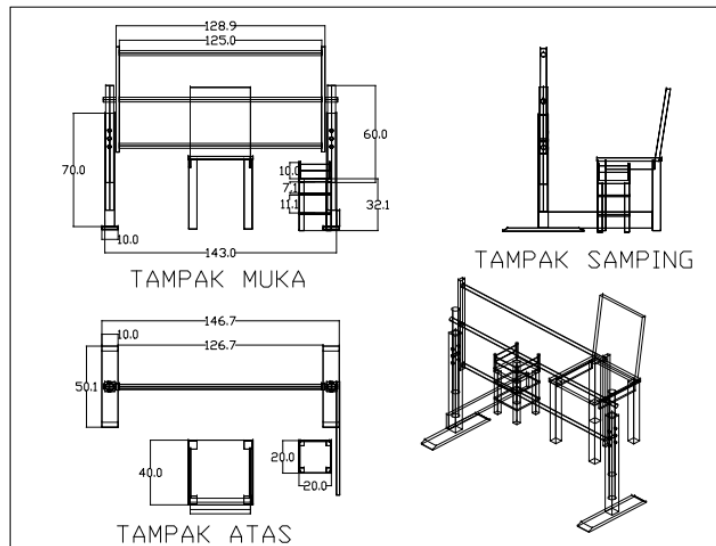
Dalam perancangan tinggi tempat kompor untuk melengkapi fungsi pada meja canting. Diperlukan ukuran yang meliputi Tinggi Popliteal duduk, pada pengukuran ketinggian letak kompor canting digunakan persentil 5 sehingga kompor tidak mengganggu gerak tangan dan



panas kompor tidak mengganggu pekerja, yaitu sebesar 40 cm, tetapi dalam produk ketinggian dibuat 32 cm karena harus membuat pengaman kompor setinggi 10 cm.

d) Tinggi kursi canting

Dalam perancangan tinggi kursi yang digunakan untuk mencanting. Diperlukan ukuran Tinggi Popliteal Duduk (Tpd) dengan menggunakan persentil 50, agar pekerja dengan ukuran pendek, maupun tinggi dapat menggunakan kursi dengan nyaman. Ukuran yang digunakan untuk Tinggi Popliteal Duduk (Tpd) dengan persentil 50 yaitu sebesar 43 cm. Hasil ukuran tersebut diwujudkan dalam perancangan stasiun kerja yang akan dilakukan seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Dimensi Stasiun Kerja Pencantingan



Gambar 4. Stasiun Kerja Pencantingan awal



Gambar 5. Hasil Redesign Stasiun Kerja Pencantingan

Dari hasil perbandingan antara Gambar 4 dan Gambar 5 terjadi perubahan postur kerja pekerja pada proses pencantingan menjadi lebih nyaman dan ergonomis sehingga diharapkan akan mengurangi keluhan otot (*musculoskeletal*).

4. Kesimpulan

Dari pendekatan menggunakan metode *Ergonomic Function Deployment*, variabel yang menjadi prioritas perancangan stasiun kerja pencantingan yaitu pekerja nyaman menggunakan

produk dengan ukuran gawangan 129 x 92 cm dan tinggi duduk kursi 43 cm, Terdapat area khusus untuk mencanting ukuran 125 x 60 cm dan kompor canting ukuran 20 x 20 cm, Membantu pengrajin menghasilkan produk hingga $\frac{3}{4}$ lebih cepat.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat KEMENRISTEKDIKTI yang telah mendanai Penelitian Dosen Pemula tahun anggaran 2017 ini.

Daftar Pustaka

- Cohen, Alexander, L. et.al. 1997, *Element of Ergonomics Programs. A Primer Based Workplace Evaluation of Musculoskeletal Disorders*, Amerika : U.S. Departemen of Health and Human Service. NIOSH.
- Harrianto, R., 2003, Aplikasi Ergonomi bagi Individu Pekerja ditempat Kerja, *Jurnal Kedokteran Trisakti*, 22(1):17-23.
- Jazuli., Tita Talitha., Setyaningrum, R., Widyastuti, P., 2016, Beban Kerja Fisik Karyawan Industri Batik Tradisional, *Prosiding Simposium Nasional RAPI XV – 2016 FT UMS*, ISSN 1412-9612 pp. 77-82.
- MacLeod, D., 2000, *The Ergonomics Manual*, Comprehensive Loss Management, Inc., Minneapolis.
- OHSA, 2000, Ergonomics: the study of work, www.ohsa.gov/Publication/ohsa3125.pdf. Diunduh tanggal 10 April 2016
- Siswiyanti; & Luthfianto, S., 2011, *Laporan Penelitian: Beban Kerja dan Keluhan Sistem Musculoskeletal pada Pembatik Tulis di Kelurahan Kalinyamat Wetan Kota Tegal*, Universitas Pancasakti Tegal.
- Suma'mur, P.K., 1992, *Higine Perusahaan dan Keselamatan Kerja*. Jakarta: CV Haji Mas Agung.
- Tarwaka, B. 2004. *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. UNIBA Press:Surakarta
- Ulrich, K.T. & Steven D.E. 2001. *Perancangan & Pengembangan Produk*. Salemba Teknika.



Kajian Literatur *Human Computer Trust* (HCT) pada Penggunaan Sistem Navigasi oleh Pengemudi

Mayesti Kurnianingtias, Titis Wijayanto, M. K. Herliansyah
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telp. 085642432392
E-mail: kurnianingtias@gmail.com

Intisari

Di dalam kegiatan mengemudi, terdapat beberapa aktivitas yang dilakukan oleh pengemudi secara bersamaan. Aktivitas tersebut mencakup aktivitas visual, auditory, fisik, dan kognitif. Dari masing-masing aktivitas tersebut, bisa saja terjadi salah satu jenis distraksi maupun beberapa jenis distraksi secara sekaligus yang dapat mempengaruhi performa pengemudi. Salah satu contoh distraksi yang biasa ditemui adalah penggunaan sistem navigasi yang digunakan oleh pengemudi. Dibalik kemudahannya di dalam membantu pengemudi mencari suatu rute yang diinginkan, sistem navigasi juga mampu memberikan distraksi kepada pengemudi. Di dalam penggunaan sistem navigasi juga dibutuhkan kepercayaan dari pengemudi sebagai penggunaanya agar sistem tersebut berjalan secara efektif dan efisien dimana hal ini dikenal dengan istilah human computer trust (HCT). Jurnal ini merupakan jurnal kajian literatur dan nantinya pada jurnal ini akan dibahas mengenai hubungan sistem navigasi dengan pengaruhnya terhadap distraksi pada pengemudi, kepercayaan pengemudi terhadap sistem yang digunakan (human computer trust), dan beberapa metode pengukuran yang sudah digunakan oleh peneliti terdahulu beserta kelebihan dan kelemahan dari masing-masing metode tersebut.

Kata Kunci: distraksi, human computer trust, sistem navigasi

1. Pendahuluan

Mengemudi merupakan salah satu aktivitas kompleks dalam kehidupan sehari-hari. Pengemudi sebagai pengendali dituntut mampu untuk menjaga koordinasi yang baik antara kemampuan visual, kemampuan motoris fisik, dan kemampuan kognitif di dalam mobil (Young dan Regan, 2007). Selain itu, pengemudi diharuskan siap menghadapi segala kemungkinan di jalan raya demi menjaga keselamatan berlalu-lintas untuk dirinya sendiri maupun orang lain (Large dan Burnett, 2014).

Teknologi *support system* pada mobil hadir untuk meminimalkan risiko kecelakaan berlalu-lintas, seperti teknologi *antilock bracking system*, *auto-mobile*, *in-vehicle navigation system*, dan lain-lain. Teknologi tersebut tidak akan berjalan secara efektif dan efisien dalam mencapai fungsinya tanpa kerjasama dari manusia. Kunci dari kesuksesan interaksi antara manusia dengan teknologi adalah terletak pada *trust* atau kepercayaan manusia terhadap teknologi sistem yang digunakannya, yang biasa dikenal dengan istilah *human computer trust* (Schaefer dkk., 2016). *Human computer trust* menurut Madsen dan Gregor (2000) adalah bagaimana *user* percaya dan mau bertindak sesuai dengan rekomendasi, tindakan, dan keputusan dari informasi yang diberikan oleh *artificial intelligence* atau sistem teknologi.

Salah satu teknologi *support system* pada mobil yang erat kaitannya dengan penyajian informasi yang mempengaruhi pengemudi di dalam mengambil sebuah keputusan adalah sistem navigasi. Dalam keseharian, sistem navigasi berbasis *global positioning system* sering digunakan pada daerah yang familiar maupun tidak familiar oleh pengemudi. Tidak dapat dipungkiri bahwa sistem navigasi tersebut merupakan sebuah *device* yang digunakan oleh pengemudi saat sedang



mengemudi. Penggunaan *device* oleh pengemudi dimungkinkan dapat memberikan distraksi dan membagi perhatian dari pengemudi serta berpengaruh terhadap kontrol pengemudi.

Jurnal ini nantinya akan membahas literatur yang berhubungan dengan pengaruh distraksi pada sistem navigasi terhadap pengemudi. Pada jurnal ini nantinya juga akan dibahas mengenai konsep distraksi dan jenisnya, *human computer trust* (HCT) pada sistem navigasi, dan metode-metode penelitian yang telah digunakan oleh peneliti terdahulu.

2. Metodologi

Di dalam penyusunan kajian literatur mengenai *human computer trust* (HCT) pada penggunaan sistem navigasi oleh pengemudi ini, dilakukan beberapa langkah penelitian:

- Memilih topik masalah yang akan diangkat pada kajian literatur. Pada tahapan ini dicari topik permasalahan yang menarik untuk diangkat dan memungkinkan adanya penelitian baru pada topik permasalahan terpilih. Dalam hal ini, dipilih topik mengenai distraksi pada penggunaan sistem navigasi pada proses mengemudi yang tergolong salah satu aktivitas kompleks yang sering ditemui pada kehidupan sehari-hari.
- Mencari sumber literatur yang sesuai dengan topik permasalahan yang telah dipilih. Untuk menyusun suatu kajian literatur, dibutuhkan informasi yang mendukung atau berhubungan dengan topik terpilih. Sumber tersebut dapat berasal dari buku, jurnal, *website*, atau penelitian akademis (skripsi/tesis/disertasi). Sumber informasi tersebut harus bersifat relevan terhadap topik yang telah dipilih. Pada penelitian ini, sumber informasi lebih banyak diambil dari jurnal daripada buku (*textbook*) untuk melihat perkembangan topik permasalahan terpilih dari waktu ke waktu. Menurut Cronin, dkk. (2008), jurnal mampu memberikan informasi yang lebih *up-to-date* jika dibandingkan informasi yang didapat dari *textbook*. Namun tetap saja dibutuhkan informasi yang relevan dari sumber lain selain jurnal untuk mendukung ketersediaan informasi yang lebih komprehensif mengenai topik permasalahan terpilih.
- Mengumpulkan, membaca, dan menganalisis informasi-informasi yang didapatkan dari sumber literatur. Pada tahap ini, informasi yang telah didapatkan dari beberapa sumber mulai dipilih dan dipilah secara lebih cermat. Beberapa sumber informasi yang telah didapatkan seringkali memiliki kata kunci yang telah sesuai dengan topik permasalahan terpilih, namun setelah dibaca dengan lebih saksama, sumber informasi tersebut tidak memiliki tingkat relevansi yang kuat dengan kata kunci topik permasalahan lain yang telah dipilih. Seperti seringkali ditemukan jurnal mengenai distraksi, namun distraksi pada jurnal tersebut tidak memiliki hubungan dengan kata kunci lain, yaitu sistem navigasi maupun *human computer trust*. Tipe sumber literatur tersebut tetap bisa digunakan pada kajian literatur ini, namun tidak sebagai sumber informasi utama. Sumber informasi literatur utama harus yang benar-benar sesuai dengan topik permasalahan yang dipilih.
- Menulis kajian literatur. Sebelum sumber informasi literatur tersebut disusun secara sistematis, sumber literatur tersebut diringkas beserta kelemahan dan kelebihan dari masing-masing artikel yang telah dikumpulkan. Langkah tersebut menjadi dasar dari penyusunan kajian literatur yang selanjutnya akan dilakukan. Penulisan kajian literatur dilakukan dengan cara menyusun sumber literatur per pembahasan yang ingin dilakukan beserta kelemahan dan kelebihan dari masing-masing artikel. Ada empat topik pembahasan utama pada kajian literatur ini, yaitu pembahasan mengenai distraksi, *human computer trust*, sistem navigasi dan *human computer trust*, serta metode pengukuran yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Distraksi

Pada saat menjalankan aktivitasnya, pengemudi dituntut untuk selalu memberikan perhatian yang lebih pada kondisi sekitarnya yang terutama berkaitan dengan kondisi dan lingkungan jalan yang dilaluinya. Jika pengemudi memiliki fokus di luar hal itu, maka pengemudi tersebut mengalami kondisi distraksi. Distraksi merupakan suatu bentuk kegagalan proses kognitif saat pengemudi tidak lagi dapat membagi perhatiannya dengan baik antara mengemudi dengan *task*



lain yang dilakukannya sehingga mengganggu performa mengemudi. Distraksi dapat disebabkan oleh *secondary task* yang terlalu kompleks sehingga pengemudi tidak dapat mengalokasikan perhatian yang cukup pada proses mengemudi atau bisa juga disebabkan oleh proses mengemudi itu sendiri yang membutuhkan performa yang tinggi sehingga tidak memungkinkan untuk pengemudi melakukan *secondary task* (Young dan Regan, 2003). Distraksi juga dapat dikatakan terjadi saat atensi pengemudi berpindah dari fokus mengemudi ke fokus pekerjaan lainnya yang dilakukan bersamaan dengan proses mengemudi (Treat, 1980). Distraksi diyakini dapat membagi perhatian dari pengemudi serta akan berpengaruh terhadap performa pengemudi dan bisa saja berujung pada kecelakaan yang terjadi di jalan raya (Niezgoda dkk., 2015; Sonnleitner dkk., 2013; Sodnik, 2008; Young dan Regan, 2007).

Terdapat empat jenis distraksi, yaitu *auditory*, visual, fisik, dan kognisi (Young dan Regan, 2007). Distraksi visual terjadi saat pengemudi lebih berfokus pada target lain secara visual daripada atensinya terhadap kondisi jalan yang sedang ditempuh dalam kurun waktu tertentu. Distraksi *auditory* terjadi pada saat pengemudi memiliki atensi yang lebih terhadap stimulus suara tertentu diluar kondisi jalan di sekitarnya. Distraksi fisik terjadi akibat pengemudi melepaskan satu atau kedua tangan dari roda kemudi dalam kurun waktu tertentu atau secara fisik melakukan suatu aktivitas yang tidak berhubungan dengan proses mengemudi. Sedangkan yang termasuk dalam distraksi kognitif adalah saat pengemudi memikirkan hal lain di luar tugasnya untuk mengemudi sehingga mencapai titik dimana ia tidak dapat mengendalikan kendaraannya dengan aman.

Distraksi saat mengemudi dapat terjadi jika pengemudi melakukan *dual task* disamping tugas utamanya, yaitu mengemudi. Contoh dari *dual task* tersebut adalah penggunaan *handphone* baik secara *hand-free* maupun *hand-held* (Sodnik dkk., 2008). Penelitian terhadap pengaruh distraksi dari penggunaan *device* secara *auditory* dan visual sudah dilakukan oleh Sodnik, dkk. (2008). Penelitian ini mencoba membandingkan peforma mengemudi dengan menggunakan stimulus *auditory* dan visual, serta dibantu dengan aktivitas *dual task*. Hasil yang didapat adalah stimulus *auditory* pada penggunaan *device* saat mengemudi memberikan peforma yang lebih baik jika dibandingkan dengan stimulus yang diberikan secara visual. Hal ini terjadi karena *task* utama dalam mengemudi sebagian besar berkaitan dengan faktor visual. Dari penelitian tersebut juga dapat diambil kesimpulan bahwa stimulus *auditory* dianggap lebih aman daripada stimulus visual. Namun di dalam penelitian tersebut, responden melakukan *dual task* berupa menekan menu-menu dan memasukkan huruf yang ada pada suatu *device* di samping roda kemudi setelah mendapatkan stimulus *auditory* maupun visual, dimana hal ini termasuk kedalam distraksi fisik dan distraksi kognitif secara sekaligus. *Setting* tersebut memang menggambarkan tujuan dari penelitian yang ia ingin capai, yaitu melihat pengaruh penggunaan *mobile phone* saat berkendara, namun hal ini akan memberikan beberapa jenis stimulus secara sekaligus kepada responden pada suatu waktu. Mungkin akan lebih baik jika stimulus yang diberikan terfokus kepada satu jenis stimulus, sehingga hasil penelitian menjadi lebih spesifik. Large dan Burnett (2014) melakukan penelitian mengenai pengaruh navigasi suara yang berbeda terhadap kepercayaan dan atensi saat menggunakan sistem navigasi kemudi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perilaku pengemudi di dalam mengambil keputusan serta kepercayaan pengemudi terhadap sistem navigasi yang digunakan dipengaruhi oleh perbedaan navigasi suara. Di dalam jurnalnya juga disebutkan bahwa distraksi suara lebih aman jika dibandingkan dengan distraksi visual pada sistem navigasi yang digunakan oleh pengemudi.

Penelitian lain mengenai distraksi *auditory* yang berkaitan dengan pergerakan mata (*eye-movement*) dan beban kognitif juga telah dilakukan oleh Niezgoda, dkk. (2015). Penelitian ini menggunakan stimulus berupa distraksi kognitif, yaitu *delayed digit recall task (n-back)*. Dalam penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa perubahan ukuran pupil dipengaruhi oleh kondisi kognisi dari seseorang yang berkaitan dengan pekerjaan yang melibatkan faktor *auditory-verbal-vocal*. Hasil dari penelitian Niezgoda, dkk. (2015) sedikit berbeda dengan Sodnik, dkk. (2008) serta Large dan Burnett (2014) yang menyatakan bahwa distraksi *auditory* aman untuk diberikan kepada pengemudi. Penelitian oleh Sonnleitner, dkk. (2014) memiliki hasil yang serupa dengan



Niezgoda, dkk. (2015) bahwa distraksi *auditory* memberikan dampak pada kondisi mental pengemudi selama proses mengemudi. Namun Sonnleitner, dkk. (2015) juga memberikan beberapa distraksi secara sekaligus, yaitu distraksi *auditory* berupa suara dari suatu *audio book* serta saat responden menemukan kata-kata "die" atau "und", responden diharuskan menekan suatu tombol dimana hal ini termasuk ke dalam distraksi fisik. Distraksi fisik tersebut cenderung berbahaya karena penelitian Sonnleitner, dkk. (2015) dilakukan dengan mengendarai mobil secara langsung di jalan raya serta kecepatan mobil yang digunakan berada pada kisaran 40-60 km/h. Perbandingan yang telah dipaparkan di atas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan penelitian mengenai distraksi

Penelitian Terdahulu	Obyek Penelitian	Hasil Penelitian	Keterangan	Saran Penelitian
Sodnik, dkk. (2008)	Membandingkan performa mengemudi dengan menggunakan stimulus <i>auditory</i> dan visual, serta dibantu dengan aktivitas <i>dual task</i> .	Stimulus <i>auditory</i> lebih baik untuk pengemudi.	Responden melakukan <i>dual task</i> (distraksi fisik dan kognitif secara sekaligus).	Akan lebih baik jika stimulus yang diberikan terfokus pada salah satu jenis stimulus.
Large dan Burnett (2014)	Pengaruh navigasi suara yang berbeda terhadap kepercayaan dan atensi saat menggunakan sistem navigasi kemudi.	Perbedaan navigasi suara berpengaruh terhadap perilaku pengemudi, serta distraksi suara lebih aman untuk pengemudi.		
Niezgoda, dkk. (2015)	Distraksi <i>auditory</i> yang berkaitan dengan pergerakan mata (<i>eye-movement</i>) dan beban kognitif.	Perubahan ukuran pupil dipengaruhi oleh kondisi kognisi dari seseorang, serta stimulus yang diberikan berdampak pada <i>eye movement</i> yang berkaitan dengan beban mental.	Distraksi <i>auditory</i> dan kognitif dilakukan secara bersamaan.	Akan lebih baik jika stimulus yang diberikan terfokus pada salah satu jenis stimulus.

Penelitian Terdahulu	Obyek Penelitian	Hasil Penelitian	Keterangan	Saran Penelitian
Sonnleitner, dkk. (2014)	Dampak distraksi <i>auditory</i> pada beban mental pengemudi dilihat dari waktu reaksi pengereman.	Distraksi <i>auditory</i> memberikan dampak pada kondisi mental pengemudi.	Pemberian distraksi <i>auditory</i> dan fisik secara bersamaan, serta distraksi fisik cenderung berbahaya karena dilakukan dengan mengendarai mobil secara langsung di jalan raya (<i>on-road study</i>).	Akan lebih baik jika stimulus yang diberikan terfokus pada salah satu jenis stimulus.

3.2 Human Computer Trust (HCT)

Trust atau kepercayaan merupakan atribut personal dan merupakan fenomena interpersonal. Kepercayaan tersebut merupakan struktur sosial yang menggambarkan hubungan interpersonal, yang lebih dikenal dengan intuisi percaya, atau mau mempercayai sesuatu hal dari perspektif fisiologi (Sousa dkk., 2014). Perspektif percaya maupun tidak percaya dipengaruhi oleh “feeling” dan bagaimana seseorang berpikir dan bertindak (Baier, 1986 dan McLeod, 2006 dalam Sousa dkk., 2014).

Human computer trust (HCT) menurut Sousa, dkk. (2014) merupakan representasi kualitas deterministik (diukur pada “snapshot time”) atau perilaku yang terlihat, dan dapat direpresentasikan secara subyektif dengan kualitas *hedonic* (diukur selama episode waktu tertentu). HCT merepresentasikan kecenderungan pengguna dalam berinteraksi dengan suatu sistem berdasarkan orientasi perhitungan terhadap resiko yang akan diterima oleh *user*. Contohnya adalah jika seseorang percaya terhadap sesuatu hal, ia juga percaya bahwa sesuatu hal tersebut akan mendatangkan keuntungan baginya. Sebaliknya, seseorang akan cenderung untuk tidak mempercayai sesuatu jika ia merasa hal tersebut mungkin akan memberikan kerugian baginya. HCT juga mempengaruhi efektivitas dari penggunaan suatu sistem otomasi (Jian dkk., 2000). Kepercayaan atau *trust* juga berperan di dalam mempengaruhi strategi pengguna (*user*) terhadap sistem otomasi yang digunakannya, dan berpengaruh terhadap bagaimana seseorang dapat menerima informasi yang diberikan oleh sistem tersebut serta seberapa bergantungnya seseorang terhadap sistem otomasi tersebut (Jian dkk., 2000).

3.3 Sistem Navigasi dan Human Computer Trust (HCT)

Sistem navigasi merupakan salah satu sistem otomasi yang memberikan informasi mengenai keadaan lalu lintas serta peta lokasi keseluruhan secara *real-time*. Karena sistem navigasi merupakan suatu sistem otomasi, sehingga diperlukan kepercayaan dari penggunaannya untuk memaksimalkan efektivitas dan efisiensi dari sistem otomasi tersebut. Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai hubungan antara sistem navigasi dengan kepercayaan pengemudi saat menggunakan sistem navigasi tersebut (Kantowitz dkk., 1997; Ma dan Kaber, 2007; Large dan Burnett, 2014; Miller dkk., 2016).



Dalam Ma dan Kaber (2007), penelitian dilakukan untuk melihat pengaruh sistem navigasi terhadap performa dan kontrol kemudi oleh pengemudi. Di sini didapatkan hasil bahwa pengemudi cenderung lebih mempercayai informasi navigasi yang disampaikan oleh mesin daripada oleh manusia melalui *cell phone*. Selain itu, kepercayaan pengemudi terhadap mesin akan berkurang seiring dengan menurunnya tingkat akurasi informasi yang diberikan oleh mesin. Penelitian oleh Kantowitz, dkk. (1997) memberikan hasil yang serupa. Kantowitz, dkk. (1997) melakukan penelitian mengenai pengaruh tingkat akurasi informasi lalu lintas terhadap pengemudi pada rute *familiar* dan *unfamiliar*. Hasil dari penelitian ini adalah informasi akan diterima dengan baik oleh responden pada presentase akurasi informasi sebesar 100% dan 71%. Dijelaskan pada jurnal tersebut bahwa pengemudi sebenarnya tidak mengharapkan informasi yang benar-benar akurat, namun jika informasi yang diberikan memiliki tingkat akurasi yang terlalu rendah, hal tersebut akan menyebabkan pengemudi mengabaikan sistem yang ada. Hasil lainnya adalah simulasi ATIS tidak memberikan performa yang baik pada kasus dengan rute *familiar* dari responden, karena responden *familiar* merasa percaya diri terhadap rute dan kondisi jalan yang disimulasikan. Namun penelitian Miller, dkk. (2016) berpendapat bahwa jika seseorang terlalu percaya terhadap sistem, kepercayaan tersebut dapat menyebabkan suatu *accident*.

Miller, dkk. (2016) melakukan penelitian mengenai pengukuran tingkat kepercayaan pada sistem otomasi dengan dua tingkatan, yaitu mengetahui kemampuan otomasi dari sistem dan selanjutnya akan diketahui apakah seseorang tersebut percaya ataupun tidak percaya terhadap sistem tersebut. Dalam penelitian ini diharapkan nantinya akan ada suatu sistem navigasi otomasi yang memiliki kemampuan adaptif terhadap kondisi lalu lintas secara signifikan dan juga terhadap kondisi pengemudi (*joint cognitive system*). Selain itu, diharapkan nantinya sistem navigasi akan bisa menyesuaikan dengan kondisi pengemudinya dan diharapkan sistem navigasi akan dapat beradaptasi sesuai dengan kondisi tersebut.

3.4 Metode Pengukuran

Beberapa metode telah digunakan untuk mengetahui pengaruh kepercayaan manusia terhadap sistem otomasi, dalam hal ini adalah sistem navigasi otomasi. Metode pengambilan data tersebut diantaranya adalah dengan menggunakan *driving simulator* (Sodnik dkk., 2008; Niezgoda dkk., 2015; Large dan Burnett, 2014; Miller dkk., 2016; Ma dan Kaber, 2007), melakukan *on-road study* untuk observasinya (Sonnleitner dkk., 2014), serta menggunakan video simulasi yang menunjukkan kondisi rute-rute lokasi *real* tertentu (Kantowitz dkk., 1997). Dari metode-metode tersebut, kebanyakan dari peneliti melakukan penelitian dengan menggunakan *driving simulator* yang menunjukkan rute-rute yang ada pada simulator dan menggunakan rute yang bukan pada kondisi nyata. Namun keunggulan dari penggunaan *driving simulator* adalah kemudahan penggunaannya. Kelebihan dari metode yang digunakan oleh Sonnleitner dkk. (2014) adalah responden menggunakan mobil langsung pada jalan raya sehingga responden berada pada kondisi yang mendekati keadaan sebenarnya. Namun kekurangan dari metode ini adalah tingkat bahaya yang mungkin ditimbulkan jika distraksi yang diberikan sangat berpengaruh terhadap performa mengemudi dari responden. Metode yang terakhir adalah menggunakan video simulasi yang menunjukkan rute nyata dari keadaan sebenarnya. Metode ini lebih unggul daripada kedua metode lainnya karena selain responden benar-benar mengetahui rute yang sesuai dengan keadaan sebenarnya, tingkat bahaya dari penggunaan mobil secara langsung di jalan raya dapat dikurangi. Hal ini juga sesuai dengan konsep sistem navigasi yang menunjukkan rute-rute jalan sebenarnya, namun membutuhkan waktu sedikit lebih lama untuk merancang desain eksperimennya.

Pengambilan data pada penelitian-penelitian sebelumnya menggunakan beberapa jenis *tool*, yaitu metode pengukuran subyektif dengan kuesioner (Sodnik dkk., 2008; Niezgoda dkk., 2015; Kantowitz dkk., 1997; Large dan Burnett, 2014; Miller dkk., 2016; Ma dan Kaber, 2007). Pengukuran obyektif yang digunakan oleh peneliti untuk melakukan penelitian mengenai *human computer trust* dan sistem navigasi adalah EEG (Sonnleitner dkk., 2014; Hu dkk., 2016), *galvanic skin response* (GSR) (Hu dkk., 2016), *electrooculography* (EOG) (Sonnleitner dkk., 2014), dan *eye-tracking device* (Sonnleitner dkk., 2014; Niezgoda dkk., 2015).



Electroencephalography (EEG) merupakan salah satu alat yang bisa digunakan untuk mengevaluasi tingkat distraksi dan mampu memberikan data secara *real time*. Hu dkk. (2016) melakukan penelitian mengenai kepercayaan interaksi manusia dengan mesin secara *real time*. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa pengukuran secara psikofisik menggunakan EEG mengenai kepercayaan manusia terhadap mesin (*human computer trust*) dapat digunakan untuk mengukur kepercayaan secara *real time*. Penelitian ini juga menghasilkan suatu sensor *real time* menggunakan model empiris dengan tingkat akurasi sebesar 71,57%. Pengukuran tingkat distraksi terhadap atensi dapat diukur secara valid dengan menggunakan *tool* EEG (Almahasneh dkk., 2014). Penggunaan EEG juga dapat digunakan untuk melihat aktivitas otak dan tingkat respon kognisi dari seseorang. Dengan menggunakan EEG, dapat diketahui perubahan secara *real-time* dari tingkat atensi, distraksi, dan aktivitas respon otak (Hu dkk., 2016). Selain itu, EEG mampu memberikan data secara *real time* karena *tool* ini mampu mengukur perubahan respon pada otak segera setelah stimulus diterima (Young dan Sands, 2009).

Galvanic skin response (GSR) merupakan metode klasik pada pengukuran psikofisik yang menangkap aktivitas konduktivitas dari permukaan kulit. Metode ini diyakini sesuai untuk melihat pengaruh tingkat kepercayaan manusia (Hu dkk., 2016).

Eye-tracking device dapat digunakan untuk mengukur respon fisiologi dari responden terhadap stimulus yang diterimanya. *Tool* ini digunakan untuk mengukur respon mata pada responden. Respon mata yang sering kali dianggap paling tepat digunakan untuk pengukuran beban kognisi adalah rata-rata perubahan diameter pupil (Niezgoda dkk., 2015). Namun, penggunaan indikator pengukuran berupa ukuran pupil masih menjadi perdebatan. Palinko dan Kun (2011) mengatakan bahwa pupil sensitif terhadap cahaya yang berasal dari lingkungan di sekitarnya, sehingga dibutuhkan kondisi cahaya yang benar-benar stabil saat eksperimen tersebut dilakukan untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Perbandingan metode pengukuran obyektif beserta kelebihan dan kelemahan dari masing-masing metode dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan metode pengukuran obyektif

Metode Pengukuran	Penelitian Terdahulu	Kelebihan	Kekurangan	Keterangan
<i>Driving simulator</i>	Sodnik, dkk. (2008)	Tingkat aplikasi <i>tool</i> yang cenderung mudah.	Kebanyakan menunjukkan rute-rute yang ada pada simulator dan menggunakan rute yang bukan pada kondisi nyata.	
	Niezgoda, dkk. (2015)			
	Large dan Burnett (2014)			
	Miller, dkk. (2016)			
	Ma dan Kaber (2007)			



Metode Pengukuran	Penelitian Terdahulu	Kelebihan	Kekurangan	Keterangan
<i>On-road study</i>	Sonnleitner, dkk. (2014)	Responden menggunakan mobil langsung pada jalan raya sehingga responden berada pada kondisi yang mendekati keadaan sebenarnya.	Tingkat bahaya yang mungkin ditimbulkan jika distraksi yang diberikan sangat berpengaruh terhadap performa mengemudi dari responden.	
Video simulasi	Kantowitz, dkk. (1997)	Responden benar-benar mengetahui rute yang sesuai dengan keadaan sebenarnya, tingkat bahaya dari penggunaan mobil secara langsung di jalan raya dapat dikurangi.	Membutuhkan waktu sedikit lebih lama untuk membuat desain eksperimen.	Sesuai dengan konsep sistem navigasi yang menunjukkan rute-rute jalan sebenarnya.
<i>Electroencephalography (EEG)</i>	Sonnleitner, dkk. (2014)	Dapat digunakan untuk mengevaluasi tingkat distraksi, atensi, dan aktivitas otak, serta mampu memberikan data secara <i>real time</i> .		
	Hu, dkk. (2016)			
<i>Galvanic skin response (GSR)</i>	Hu dkk., 2016	Sesuai untuk melihat pengaruh tingkat kepercayaan manusia.		



Metode Pengukuran	Penelitian Terdahulu	Kelebihan	Kekurangan	Keterangan
Eye-tracking device	Sonnleitner, dkk. (2014)	Respon mata yang sering kali dianggap paling tepat digunakan untuk pengukuran beban kognisi adalah rata-rata perubahan diameter pupil.	Pupil sensitif terhadap cahaya yang berasal dari lingkungan di sekitarnya.	Dibutuhkan kondisi cahaya yang benar-benar stabil saat eksperimen tersebut dilakukan untuk mendapatkan hasil yang akurat.
	Niezgoda, dkk. (2015)			

4. Kesimpulan

Dari penjelasan di atas, masih terdapat beberapa perbedaan pendapat mengenai apakah distraksi *auditory* memang benar-benar aman untuk diberikan kepada pengemudi. Selain itu, penelitian di bidang sistem navigasi masih bisa dikembangkan lagi mengingat penggunaan sistem navigasi sekarang ini banyak dibutuhkan oleh pengemudi, baik untuk perjalanan pada rute *familiar* maupun kondisi *unfamiliar*. Karena sistem navigasi bekerja secara *real time* dengan basis *global positioning system*, maka dibutuhkan *tool* yang dapat mengukur perubahan stimulus tersebut secara *real time* dan akurat. Beberapa penelitian sebelumnya banyak yang hanya menggunakan pengukuran subyektif, namun hasil penelitian akan menjadi lebih baik jika pengukuran dilakukan baik secara subyektif maupun secara obyektif.

Daftar Pustaka

- Almahasneh, H., Chooi, W. T., Kamel, N., dan Malik, A. S., 2014, Deep in Thought While Driving: An EEG Study on Drivers' Cognitive Distraction, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Elsevier Ltd, 26(PA), pp. 218–226.
- Cronin, P., Ryan, F., dan Coughlan, M., 2008, Undertaking a Literature Review: a Step-by-step Approach, *British Journal of Nursing*, Vol 17, No 1.
- Hu, W.-L., Akash, K., Jain, N., dan Reid, T., 2016, Real-Time Sensing of Trust in Human-Machine Interactions**This material is based upon work supported by the National Science Foundation under Award No. 1548616. Any opinions, findings, and conclusions or recommendations expressed in this material are those of the author(s) only and not the IFAC-PapersOnLine. Elsevier B.V., 49(32), pp. 48–53.
- Jian, J., Bisantz, A.M., dan Drury, C.G., 2000, Foundations for an Empirically Determined Scale of Trust in Automated Systems, *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 4(1), 53–71.
- Kantowitz, B. H., Hanowski, R. J., dan Kantowitz, S. C., 1997, Driver Acceptance of Unreliable Traffic Information in Familiar and Unfamiliar Settings, *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 39(2), pp. 164–176.
- Large, D. R. dan Burnett, G. E., 2014, The effect of different navigation voices on trust and attention while using in-vehicle navigation systems, *Journal of Safety Research*. Elsevier Ltd, 49, pp. 69–75.
- Ma, R. dan Kaber, D. B., 2007, Effects of In-vehicle Navigation Assistance and Performance on Driver Trust and Vehicle Control, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(8), pp. 665–673.
- Madsen, M. dan Gregor, S., 2000, Measuring Human-Computer Trust, *Proceedings of Eleventh Australasian Conference on Information Systems*, pp. 6–8.



- Miller, D., Johns, M., Mok, B., Gowda, N., Sirkin, D., Lee, K., dan Ju, W., 2016, Behavioral Measurement of Trust in Automation: The Trust Fall, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 60(1), pp. 1849–1853.
- Niezgoda, M., Tarnowski, A., Kruszewski, M., dan Kamiński, T., 2015, Towards Testing Auditory-vocal Interfaces and Detecting Distraction while Driving: A Comparison of Eye-movement Measures in the Assessment of Cognitive Workload, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 32, pp. 23–34.
- Palinko, O. dan Kun, A. L., 2011, Exploring the Influence of Light and Cognitive Load on Pupil Diameter in Driving Simulator Studies, *Proceedings of the Sixth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle* (pp. 329-336).
- Schaefer, K. E., Chen, J. Y. C., Szalma, J. L., dan Hancock, P. A., 2016, A Meta-Analysis of Factors Influencing the Development of Trust in Automation: Implications for Understanding Autonomy in Future Systems, *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 58(3), pp. 377–400.
- Sodnik, J., Dicke, C., Tomažič, S., dan Billingham, M., 2008, A User Study of Auditory versus Visual Interfaces for Use While Driving, *International Journal of Human Computer Studies*, 66(5), pp. 318–332.
- Sonnleitner, A., Treder, M. S., Simon, M., Willmann, S., Ewald, A., Buchner, A., dan Schrauf, M., 2014, EEG Alpha Spindles and Prolonged Brake Reaction Times during Auditory Distraction in an On-road Driving Study, *Accident Analysis and Prevention*, Elsevier Ltd, 62, pp. 110–118.
- Sousa, S., Lamas, D., dan Dias, P., 2014, A model for Human-Computer Trust, Contributions towards leveraging user engagement, *Springer*, pg. 128-137.
- Treat, J.R., 1980, A Study of Pre-crash Factors Involved in Traffic Accidents, *HSRI Research Review*, 10/11, 1-35.
- Young, K. dan Regan, M., 2007, Driver distraction : A Review of the Literature, *Distracted Driving*, pp. 379–405.
- Young, C., dan Sands, S., 2009, What Can Measuring Brain Waves Tell Us About an Ad's Effectiveness?, akses online 15 Februari 2017, *Articles from Quirks.com*.



Kajian Awal Analisis Pengaruh Informasi dan Komunikasi terhadap Team Situational Awareness dalam Keadaan Emergency Dengan Pendekatan Serious Gaming

Miftahulkhair Adianto, Budi Hartono

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telp. 081365481446
E-mail: miftahulkhair14@gmail.com

Intisari

Besarnya potensi bencana yang terdapat di Indonesia tentunya membuat penduduk Indonesia harus waspada dalam menghadapi keadaan darurat (emergency response) yang mungkin akan terjadi tanpa diperkirakan sebelumnya. Kewaspadaan tersebut tentunya juga diperlukan agar dampak yang diakibatkan oleh suatu kejadian dapat diminimalkan. Salah satu faktor yang dapat dipertimbangkan dalam menghadapi keadaan tersebut adalah kemampuan situational awareness. Oleh karena itu pada kajian awal ini akan dilakukan analisis terhadap variabel informasi dan komunikasi yang mungkin memiliki pengaruh terhadap kemampuan situational awareness sebuah tim dalam melakukan emergency response. Kajian ini dilakukan dengan eksperimen terhadap 14 responden yang terbagi dalam 7 tim. Dari hasil analisis Repeated Measures ANOVA ditemukan bahwa variabel komunikasi tidak berpengaruh signifikan terhadap kemampuan situational awareness ($p = 0,107$), akan tetapi variabel informasi berpengaruh signifikan terhadap kemampuan situational awareness ($p = 0,015$). Karena terdapat perbedaan dengan hasil penelitian sebelumnya, maka akan dilakukan kajian lanjut dari eksperimen yang sudah dilakukan.

Kata Kunci: emergency response, situational awareness, informasi, komunikasi.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi terjadinya bencana yang cukup besar, terutama bencana alam. Beberapa jenis bencana yang cukup sering terjadi seperti banjir, tanah longsor, gempa bumi, gunung meletus dan masih banyak yang lainnya. Salah satu penyebab besarnya potensi bencana di Indonesia adalah letak Indonesia yang berada diantara pertemuan lempeng aktif di dunia (Bock dkk, 2003; Pasau dan Tanauma, 2011). Besarnya potensi bencana yang terjadi di Indonesia juga tercatat dalam WorldRiskIndex 2016, dimana Indonesia berada di peringkat 36 dari 171 negara yang diukur potensi bencananya.

Besarnya potensi bencana yang terdapat di Indonesia, tentunya membuat seluruh penduduk Indonesia harus selalu siap dalam menghadapi keadaan darurat (*emergency response*) yang mungkin akan terjadi. Tindakan yang tepat dalam menghadapi keadaan darurat tentunya akan membantu untuk mengurangi dampak dari bencana yang terjadi (NIEHS, 2016). Berdasarkan data BNPB (2016), bencana yang terjadi pada tahun 2016 menyebabkan kerugian yang cukup besar dimana terdapat 521 orang meninggal dan hilang, 3 juta lebih korban menderita dan mengungsi, serta 48.776 unit rumah mengalami kerusakan. Hal seperti ini tentunya ingin selalu diminimalisir untuk kedepannya. Oleh karena itu diperlukan pengambilan keputusan yang cepat dan tepat agar dapat mencegah meluasnya dampak dari suatu kejadian (BNPB, 2011).

Salah satu faktor agar terciptanya respon yang cepat dan tepat adalah dengan memiliki kemampuan yang baik mengenai kondisi yang sedang terjadi di suatu lingkungan atau biasa disebut dengan kemampuan *situational awareness* (Reichenbach, 2009; George dkk., 2010; Li



dkk, 2014). *Situational awareness* (SA) merupakan suatu proses persepsi dan komprehensi terhadap lingkungan sekitar, serta melakukan proyeksi terhadap kemungkinan keadaan yang akan terjadi dalam waktu dekat (Endsley, 1988). Dalam *emergency response* tentunya proses pengambilan keputusan tidak hanya dilakukan berdasarkan penilaian individu, melainkan juga dapat berdasarkan kombinasi dengan penilaian orang di sekitar. Oleh karena itu tentunya *situational awareness* yang digunakan adalah *team situational awareness*.

Team situational awareness dapat diartikan sebagai tingkat kesadaran setiap orang terhadap tanggung jawab masing-masing di dalam suatu lingkungan atau tim (Endsley, 1995). Keberadaan *situational awareness* dalam suatu tim sangatlah penting untuk membangun hubungan kerjasama yang baik (Yufei dan Kazuo, 2002). Beberapa faktor yang diperkirakan dapat mempengaruhi kerjasama dalam tim adalah komunikasi dan informasi yang terdapat di dalamnya (Endsley dan Jones, 1997; Rustandjaja, 2013). Berdasarkan beberapa uraian tersebut, tentunya dibutuhkan sebuah evaluasi untuk mengetahui apakah faktor seperti komunikasi dan informasi memiliki pengaruh terhadap kemampuan *team situational awareness* dalam menghadapi *emergency response*. Sehingga diharapkan dengan mengetahui faktor yang tepat, dapat membantu meningkatkan kemampuan *situational awareness* yang baik untuk dapat meminimalisir dampak dari bencana yang terjadi.

Untuk dapat melakukan penilaian tersebut, penelitian ini menggunakan *serious gaming* sebagai media simulasi bencananya. Menurut Zyda (2005), *serious gaming* dapat digunakan dengan tujuan untuk melakukan pengembangan, pembelajaran, dan kesehatan dengan menggunakan media *gaming*. Aplikasi *serious gaming* yang digunakan pada penelitian ini adalah *NASA: Moonbased Alpha*.

2. Metodologi

2.1 Subjek dan Objek Penelitian

Kajian awal ini dilakukan menggunakan eksperimen dengan pendekatan *serious gaming*. Subjek yang digunakan dalam penelitian ini adalah mahasiswa Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada, dengan persyaratan belum pernah memainkan game *NASA: Moonbase Alpha*. Jumlah subjek yang digunakan dalam penelitian pendahuluan ini berjumlah 14 orang yang dibagi secara random dalam 7 tim tanpa mempertimbangkan jenis kelamin.

2.2 Desain Eksperimen

Terdapat beberapa variabel yang digunakan dalam kajian awal ini. Variabel komunikasi dan informasi menjadi variabel independen, sedangkan *situational awareness* menjadi variabel dependen. Nilai *situational awareness* sendiri akan diukur menggunakan metode *Situational Awareness Global Assessment Technique* (SAGAT). Metode ini digunakan karena memiliki validitas yang tinggi dalam melakukan pengukuran *situational awareness* (Endsley, 2000). Untuk masing-masing variabel independen akan diberikan dua perlakuan, sehingga perlakuan yang digunakan pada penelitian ini berjumlah empat. Tabel 1 akan menunjukkan *design of experiment* dalam penelitian ini.

Tabel 2. *Design of Experiment*

		Informasi	
		Lengkap	Tidak ada
Komunikasi	Tidak Menggunakan	Skenario 1	Skenario 2
	Menggunakan	Skenario 3	Skenario 4

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa terdapat 4 skenario yang akan digunakan dalam penelitian ini. Perlakuan dimana tidak menggunakan komunikasi dan memiliki informasi menjadi skenario pertama, selanjutnya skenario kedua dengan perlakuan tidak menggunakan komunikasi dan tidak memiliki informasi, skenario ketiga menggunakan komunikasi dan memiliki informasi, dan yang terakhir adalah perlakuan menggunakan informasi akan tetapi tidak memiliki informasi. Keseluruh responden akan melakukan semua skenario (*within subject*), dimana urutan perlakuan skenario akan diberikan secara random.



2.3 Pengolahan Data

Data yang di dapatkan dari eksperimen selanjutnya diolah menggunakan analisis statistik. Karena desain eksperimen ini menggunakan *factorial design* dengan *within subject*, maka pengujian data akan dilakukan dengan menggunakan *Repeated Measures ANOVA* (RM ANOVA) dengan nilai signifikansi 0,05 ($p < 0,05$).

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan eksperimen yang dilakukan, didapatkan nilai keseluruhan *situational awareness* dengan menggunakan metode SAGAT seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 3. Data Eksperimen

Responden	Nilai <i>Situational Awareness</i> (Keseluruhan)			
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
1	272	245	235	285
2	227	244	258	272
3	259	295	250	273
4	275	268	273	265
5	227	244	258	272
6	231	272	270	275
7	227	244	258	272

Tabel 2 menunjukkan nilai *situational awareness* dari eksperimen terhadap 4 skenario yang sudah direncanakan di awal. Selanjutnya data tersebut diolah menggunakan RM ANOVA, dimana hasil analisis statistiknya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 4. Hasil Analisis Statistik untuk Keseluruhan SA

	Nilai p (sig.)		
	Komunikasi	Informasi	Komunikasi*Informasi
<i>Tests of Within-Subjects Effect</i>	0,107	0,015	0,853

Menurut hasil analisis pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa variabel komunikasi tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *situational awareness* ($p = 0,107$). Selain itu interaksi antara variabel komunikasi dan informasi juga menunjukkan bahwa tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *situational awareness* ($p = 0,853$). Akan tetapi untuk variabel informasi diketahui memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai *situational awareness* dalam keadaan *emergency* ($p = 0,015$). Hasil dari kajian awal ini cukup berbeda dari penelitian sebelumnya, dimana menurut Gunawan dkk. (2011) nilai *situational awareness* saat menggunakan komunikasi lebih baik dibandingkan ketika tidak menggunakan komunikasi. Akan tetapi untuk variabel komunikasi sesuai dengan penelitian sebelumnya, dimana semakin lengkap informasi yang diberikan akan meningkatkan *team situational awareness* (Rustandjaja, 2013).

Berdasarkan hasil kajian awal ini, karena ditemukan perbedaan hasil pada variabel komunikasi yang kemungkinan terjadi karena jumlah responden yang masih sedikit. Oleh karena itu akan dilakukan penambahan jumlah responden untuk melihat apakah pada penelitian ini variabel komunikasi memang tidak memiliki pengaruh signifikan atau ternyata variabel komunikasi memang berpengaruh terhadap *team situational awareness*. Selain itu kajian selanjutnya juga dilakukan untuk memastikan konsistensi hasil dari variabel informasi terhadap kemampuan *team situational awareness* ketika menghadapi keadaan *emergency*.



4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan terhadap hasil yang didapatkan, diketahui bahwa variabel informasi memiliki pengaruh signifikan ($p = 0,015$) terhadap kemampuan *team situational awareness* sebuah tim yang sedang melakukan tindakan *emergency response*. Sementara itu pada kajian awal ini variabel komunikasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kemampuan *team situational awareness* sebuah tim *emergency response* ($p = 0,107$). Begitu juga dengan interaksi variabel komunikasi dan informasi yang menunjukkan tidak adanya pengaruh signifikan terhadap kemampuan *team situational awareness* sebuah tim.

Akan tetapi karena terdapat perbedaan hasil dengan penelitian sebelumnya, maka akan dilakukan kajian lanjutan untuk memperkuat hasil yang sudah didapatkan pada saat ini. Kajian selanjutnya akan dilakukan dengan menambah jumlah responden dalam eksperimen.

Daftar Pustaka

- BNPB, 2011, Pedoman Penggunaan Dana Siap Pakai Pada Status Keadaan Darurat Bencana, *Badan Nasional Penanggulangan Bencana*, Jakarta.
- BNPB, 2016, Info Bencana: Informasi Kebencanaan Bulanan Teraktual edisi Desember 2016, *Badan Nasional Penanggulangan Bencana*, Jakarta.
- Bock, Y., Prawirodirdjo, L., Genrich, J. F., Stevens, C. W., McCaffrey, R., Subarya, C., Puntodewo, S. S. O., dan Calais, E., 2013, Crustal Motion in Indonesia From Global Positioning System Measurements, *Journal of Geophysical Research*, vol 108, no B8
- Endsley, M. R., 1988, Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT), *Proceedings of the National Aerospace and Electronics Conference*, pp. 789-795.
- Endsley, M. R., 1995, Toward a Theory of Situational Awareness in Dynamic Systems, *Human Factors*, vol.37, no. 1, pp. 32-64.
- Endsley, M. R., 2000, Theoretical Underpinnings of Situation Awareness: A Critical Review, SA Technologies. Dalam Endsley, M. R., dan Garland, D. J., (Eds.) *Situation Awareness Analysis and Measurement*, NJ: Lawrence Earlbaum Associates, Mahwah.
- Endsley, M. R., dan Jones, W. M., 1997, Situation Awareness Information Dominance & Information Warfare (No. AL/CF-TR-1997-0156). *Wright-Patterson AFB, OH: United States Air Force Armstrong Laboratory*.
- George, S. M., Zhou, W., Chenji, H., Won, M., Lee, Y. O., Pazarloglou, A., dan Stoleru, R., 2010, DistressNet: A Wireless Ad Hoc and Sensor Network Architecture for Situation Management in Disaster Response, *IEEE Communication Magazine*, Volume 48, Issue 3.
- Gunawan, L. T., Alers, H., dan Brinkman, W. P., 2011, Distributed Collaborative Situation Map Making for Disaster Response, *Interacting with Computers*, Vol.23, no. 4, pp. 308-316.
- Li, N., Yang, Z., Ghahramani, A., Becerik-Gerber, B., dan Soibelman, L., 2014, Situational Awareness for Supporting Building Fire Emergency Response: Information Needs, Information Sources, and Implementation Requirements, *Fire Safety Journal*, vol. 63, pp. 17-28.
- NIEHS, 2016, Emergency Response, *National Institute of Environmental Health Sciences*, <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/population/response/>, diakses pada 20 Februari 2017.
- Pasau, G dan Tanauma, A., 2011, Pemodelan Sumber Gempa di Wilayah Sulawesi Utara Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi. *Jurnal Ilmiah Sains*, vol. 11, no.02.
- Reichenbach, S., 2009, Situational Awareness: Key to Emergency Response, *Fire Engineering*, pp. 137-140.



- Rustandjaja, N., 2013, Team Situational Awareness in Firefighting: The Impat of Sudden Obstructions, Building Complexity and Information Availability, *Tesis Master pada Art in Psychology Universitas Carleton*, Ottawa.
- Yufei, S., dan Kazuo, F., 2002, Team Situational Awareness as a Basic of Team Intention Inference: Definition and Framework, *Proceeding of the 41st SICE Annual Conference*, pp. 1641-1646.
- Zyda, M., 2005, From Visual Simulation to Virtual Reality to Games, *IEEE Computer*, vol. 38, no.9, pp. 25-31.



Perancangan dan Evaluasi Usabilitas Website E-Commerce Batik (Studi Kasus Batik Butimo Kulon Progo DIY)

Nova Suparmanto, Andi Sudiarso

Program Studi S2 Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri,
Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta
Telp. 081215577438
E-mail: suparmanto.nova@gmail.com

Intisari

Pergerakan transaksi ke era digital (e-commerce) menjadi tantangan tersendiri bagi industri untuk dapat bersaing di tengah kompetisi global. Namun banyak situs e-commerce masih terlalu sulit untuk digunakan dan di luar harapan konsumen serta masih belum memenuhi persyaratan usabilitas pengguna. Usabilitas sangat penting bagi UKM termasuk model B2C di lingkungan industri batik, salah satunya di Batik Butimo Kulon Progo DIY. Maka penelitian ini bertujuan untuk merancang e-commerce melalui permasalahan usabilitas dan rekomendasi yang ditemukan serta melakukan pengujian usabilitas terhadap e-commerce yang sudah ada dan yang akan dikembangkan. Hasilnya adalah e-commerce dengan tingkat usabilitas tinggi. Metode perancangan e-commerce menggunakan Goal Directed Design melalui survei dengan kuesioner kebutuhan kepada 30 responden yang aktif melakukan transaksi online belanja batik untuk membandingkan layout, desain visual dan fitur. Metode usabilitas yang digunakan yaitu Heuristic Evaluation (HE) dengan 5 responden expert menggunakan metric usability factor pada saat perancangan e-commerce dan Usability Testing (Learnability, Efficiency, Memorability, Error, dan Satisfaction menggunakan SUS) dengan 8 task. Hasil studi literatur terdapat 3 layout dan Rappa & Thomas terpilih dengan nilai rata-rata tertinggi 4,059259. Hasil perancangan desain visual terpilih yaitu: warna Modern and Clean sebesar 45.5%, gambar "Model Batik" 69.7%, dan font Sans Serif 50%. Pengujian usabilitas yang sudah dilakukan yaitu HE, hasilnya dari 28 item kriteria, 7 item (25%) dianggap gugur dan perlu dievaluasi, sehingga 21 item fitur yang wajib. Temuan tersebut dijadikan rekomendasi perbaikan e-commerce yang dikembangkan. Rekomendasinya yaitu: Terdapat informasi status pengiriman, fleksibilitas cara pembayaran & pengiriman, dan fitur search. Fasilitas pendukung yang diperlukan: Testimoni sebesar 78.8%, Video ulasan produk 67.6%, dan pembayaran Transfer Bank 94.1%. Secara keseluruhan sesuai hasil HE, e-commerce Danar Hadi lebih baik, sehingga pengujian usabilitas untuk 5 aspek membandingkan Danar Hadi dan e-commerce yang dikembangkan.

Kata kunci : e-commerce, batik, business to customer (B2C), goal directed design, usability

1. Pendahuluan

Batik sebagai salah satu mahakarya seni yang diakui sebagai warisan budaya Indonesia oleh dunia. Hal tersebut berdampak pada peningkatan permintaan produk batik dan jumlah industri batik yang terus berkembang. Perkembangan industri batik di DIY sendiri cukup tinggi. Dampak peningkatan ditambah dengan pergerakan ke era digital ini tentunya menjadi tantangan tersendiri bagi industri untuk dapat bersaing di tengah kompetisi global. Hadirnya teknologi dalam bisnis seperti *e-commerce* memiliki beberapa keuntungan dan kemudahan. *E-commerce* merupakan proses jual beli atau pertukaran produk, jasa dan informasi melalui jaringan informasi komputer,



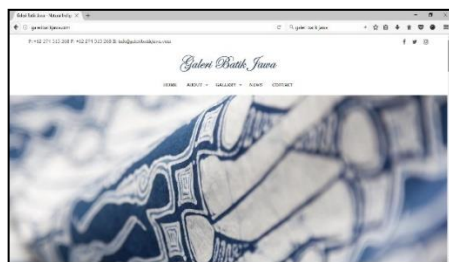
termasuk jaringan internet (Turban dan King, 2003 dalam Suyanto, 2005). *Business to Consumer* (B2C) yaitu Bisnis penjualan online kepada konsumen yang bersifat individu (Suyanto, 2005).

Kemudahan yang dihadirkan era digital ini dapat dimanfaatkan pelaku bisnis untuk lebih dekat dengan calon konsumen. Namun kualitas *e-commerce* yang diterapkan di beberapa IKM saat ini sangat rendah yang diakibatkan oleh beberapa alasan termasuk di Batik Butimo Kulon Progo DIY. Banyak situs *e-commerce* masih terlalu sulit untuk digunakan dan di luar ekspektasi/harapan konsumen (Cho dan Park, 2001). Sekitar sepertiga dari waktu, pengguna gagal membeli produk dari situs *e-commerce* (Nielsen, 1998). Pelanggan menilai kredibilitas sebuah website dalam 50 mili detik pertama. Sehingga website perlu dirancang sesuai dengan perilaku pelanggan.

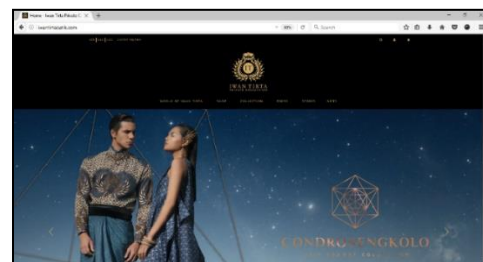
Terdapat 2 hal yang harus diperhatikan dalam membangun sebuah *website*, yaitu *layout* dan desain (IBM, 1997). Namun masalah teknis yang terjadi terkait seperti desain situs *e-commerce* yang buruk (Liu *et al*, 2003). Purwati (2011) menyimpulkan bahwa antar muka dan informasi terobosan desain yang diperlukan untuk mencapai tingkat keberhasilan yang lebih tinggi. Belum ada standar kriteria khusus *e-commerce* untuk industri batik. Sehingga industri batik mengembangkan *e-commerce* sesuai keinginan pengembang *website*. Meskipun tidak semuanya bisa standar, tetapi penting untuk berpikir ada kesamaan dengan perilaku pengguna/ konsumen di situs (Purwati, 2011). Oleh karena itu langkah pengembangan yang perlu dilakukan adalah berdasarkan pengguna/ keinginan konsumen batik.

Pengembangan *e-commerce* yang terstandar perlu dilakukan dan dapat dijadikan acuan bagi industri batik dalam rangka peningkatan usabilitas *website e-commerce*. Proses ini dapat mengacu kepada 10 *brand* batik besar dan terkenal di Indonesia. Proses pengembangan desain suatu produk khususnya *website e-commerce* diperlukan evaluasi usabilitas untuk mengidentifikasi masalah-masalah yang ditemukan dalam penggunaan produk tersebut, apakah desain dan fitur pada *e-commerce* yang akan dibangun sudah mampu memenuhi kebutuhan pengguna untuk melakukan transaksi pembelian produk batik.

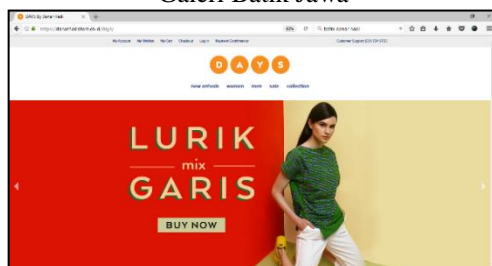
Usabilitas menjadi komponen penting dari strategi *e-commerce* (Oneupweb, 2010 dan Shi, 2011). Untuk mendeteksi permasalahan, kendala, dan gangguan pengguna saat berinteraksi dengan sebuah sistem, evaluasi usabilitas merupakan salah satu hal yang penting (ISO 9241-11, 1995). Jika *e-commerce* tidak memiliki tingkat usabilitas yang baik, pengguna akan memerlukan waktu yang relatif lama dalam mempelajari penggunaannya. *Website e-commerce* yang rendah tingkat usabilitasnya membuat pengguna meninggalkannya. Hal ini berpengaruh terhadap banyaknya pelanggan yang memutuskan untuk berbelanja pada *e-commerce* tersebut.



Galeri Batik Jawa



Iwan Tirta PC



Batik Danar Hadi



Batik Keris

Gambar 1. Beberapa E-Commerce Brand Batik Terkenal (*Existing Product*)

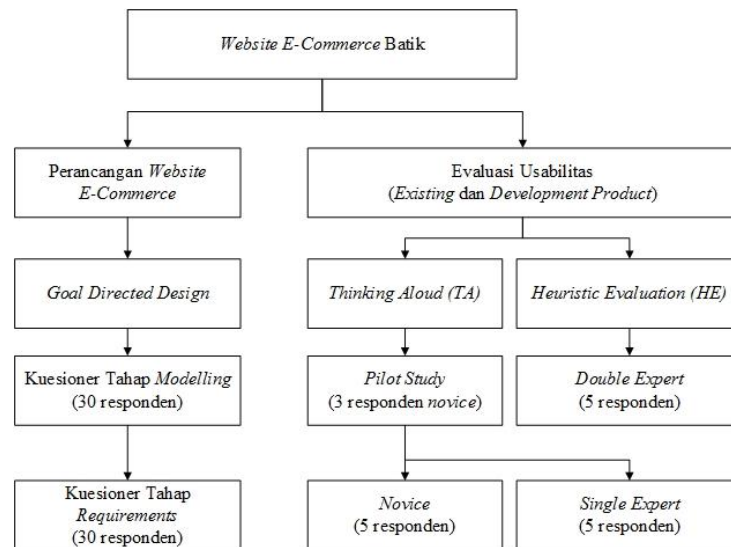


Maka penelitian ini bermaksud untuk mengembangkan *e-commerce* dan melakukan pengujian usabilitas terhadap *e-commerce* yang sudah ada (*existing product*) dan yang akan dikembangkan (*development product*). Hasilnya adalah *e-commerce* dengan tingkat usabilitas tinggi yang dapat dijadikan acuan bagi industri batik. *Website e-commerce* ini bisa menjadi salah satu cara mempertahankan loyalitas konsumen dan meningkatkan penjualan produk. Khususnya bagi perkembangan serta kemajuan industri batik, terutama Batik Butimo yang berada di Lendah Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

2. Metodologi

2.1 Objek Penelitian

Sebelum melakukan evaluasi usabilitas dilakukan tahapan perancangan *website e-commerce* melalui survei kebutuhan kepada 30 orang yang aktif melakukan transaksi *online* belanja batik *online* minimal 1x, untuk membandingkan *layout* (Gay dan Diehl, 1992, serta Frankel dan Wallen, 1993). Selanjutnya dilakukan pengembangan secara desain visual dan fitur terhadap responden yang sama. *Pilot study* dilakukan untuk menguji fitur dengan menggunakan 3 evaluator pada metode *thinking aloud* (Nielsen, 1993). Responden dibagi menjadi *novice* dan *expert*, dimana *novice* yaitu seseorang yang sama sekali belum pernah menggunakan *e-commerce* batik. *Double expert* adalah yang mengetahui prinsip usabilitas dan telah melakukan transaksi *online* belanja melalui *e-commerce* batik, sedangkan *single expert* hanya mengetahui salah satunya.



Gambar 2. Responden Penelitian

Jumlah responden baik untuk *existing product* dan *development product* dengan metode *thinking aloud* adalah 5 responden *novice* & *single expert* (Nielsen, 1993) dan *heuristic evaluation* sebanyak 5 responden *double expert*. Tujuan penggunaan 2 metode usabilitas ini untuk memberikan manfaat untuk perbaikan, pengembangan, dan desain produk, misalnya bisa memperoleh *feedback* langsung dari *user* baik *novice* maupun *expert*.

2.2 Metode Pengambilan Data

Thinking Aloud (User Testing)

Metode *Thinking Aloud* atau biasa disebut *user testing* merupakan analisis *usability* yang dilakukan dengan melakukan pengujian langsung terhadap pengguna produk agar diperoleh dokumen atau bukti bahwa suatu produk diterima atau tidak. Maka akan diperoleh masukan mengenai bagaimana *user* berinteraksi dengan produk. Observasi dengan metode *thinking aloud* dilaksanakan pada ruang tertutup dengan tujuan untuk menyeragamkan kondisi pada responden saat menjalankan *task*.



Tabel 1. Atribut Usabilitas

Atribut	Keterangan
<i>Learnability</i>	Membandingkan waktu yang diperlukan <i>novice</i> dengan <i>expert</i> pada sesi 1
<i>Efektivitas</i>	Jumlah <i>task</i> yang bisa diselesaikan oleh responden
<i>Efisiensi</i>	Waktu responden menyelesaikan <i>task</i> pada sesi 2 untuk <i>novice</i> dibandingkan dengan waktu penyelesaian <i>task</i> sesi 2 pada <i>expert</i> (dipilih sesi 2 karena pada sesi 1 responden masih berada dalam tahap "learn")
<i>Memorability</i>	Waktu <i>novice</i> untuk menyelesaikan <i>task</i> pada sesi 2 dan sesi 3
<i>Error</i>	Jumlah responden melakukan <i>error</i>
<i>Satisfaction</i>	Menggunakan kuesioner SUS

Saat responden mengerjakan *task* yang diberikan, responden akan diminta untuk mengekspresikan pikiran dan pendapat saat berinteraksi dengan *e-commerce* batik. Responden akan diberikan *briefing* singkat sebelum melakukan observasi, setelah itu responden mengerjakan *task*, kuesioner dan interview dilaksanakan setelah responden selesai mengerjakan *task*.

Tabel 2. Task Penelitian Website E-Commerce

No.	Task Penelitian	No.	Task Penelitian
1	Masuk <i>website</i> E-Commerce	5	Menghapus produk pada <i>chart</i>
2	Membuat akun dan <i>login</i>	6	Melakukan proses <i>check out</i>
3	Menemukan produk yang ditentukan untuk dibeli	7	Mengecek pemesanan di <i>email</i>
4	Menambahkan produk yang akan dibeli	8	Melakukan <i>logout</i>

Heuristic Evaluation (HE)

HE dikembangkan untuk menilai suatu website dapat dikatakan mudah digunakan (*usable*) atau tidak (Nielsen dan Molich, 1990). Penelitian menggunakan *metric standard usability* yang terdiri dari 4 kategori *usability factor* dengan 28 *item* kriteria dengan model *rating* penilaian 3 skala *likert* berikut.

Tabel 3. Metrics Standard Usability Website E-Commerce B2C (Windarto, 2015)

Accesability dan Personalisasi <ol style="list-style-type: none"> 1. Waktu <i>loading</i> situs relatif cepat 2. Interface cukup responsif 3. Label menu navigasi singkat dan jelas 4. Terdapat <i>accessibility</i> ke <i>social media</i> 5. Jumlah link/button tidak berlebihan 6. Terdapat forum/live chat 7. Link mudah diidentifikasi dan konsisten 8. Terdapat personalisasi layanan <i>customer</i> 9. Terdapat informasi status pengiriman 	Navigasi dan Search <ol style="list-style-type: none"> 1. Terdapat fitur <i>search</i> yang jelas, fleksibel, dan mudah 2. Terdapat info posisi user dalam <i>webpage</i> 3. Fitur <i>search</i> dan navigasi pada posisi yang konsisten pada semua halaman. 4. Logo perusahaan terkait link dengan <i>homepage</i> 5. Jumlah button/link tidak berlebihan 6. Link mudah diidentifikasi dan konsisten
Content dan Fitur <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Content</i> jelas, benar dan <i>uptodate</i> 2. Text terbaca dengan baik dan benar 3. Konsistensi dalam <i>layout</i>, warna, tema 4. Menampilkan informasi <i>event</i> program/promo secara terpisah 5. Terdapat labelling produk 6. Terdapat history transaksi tiap customer 7. Terdapat penjelasan detail produk/jasa 8. Terdapat fleksibilitas cara pembayaran 9. Terdapat fleksibilitas cara pengiriman 	Identity, Privacy, dan Security <ol style="list-style-type: none"> 1. Terdapat informasi perusahaan dengan jelas dan benar 2. Logo perusahaan jelas dan pada posisi yang tepat 3. Tidak terdapat iklan dan <i>popup</i> yang mengganggu 4. Terdapat penjelasan terkait prosedur belanja dan kebijakan <i>privacy</i> dan <i>security</i>



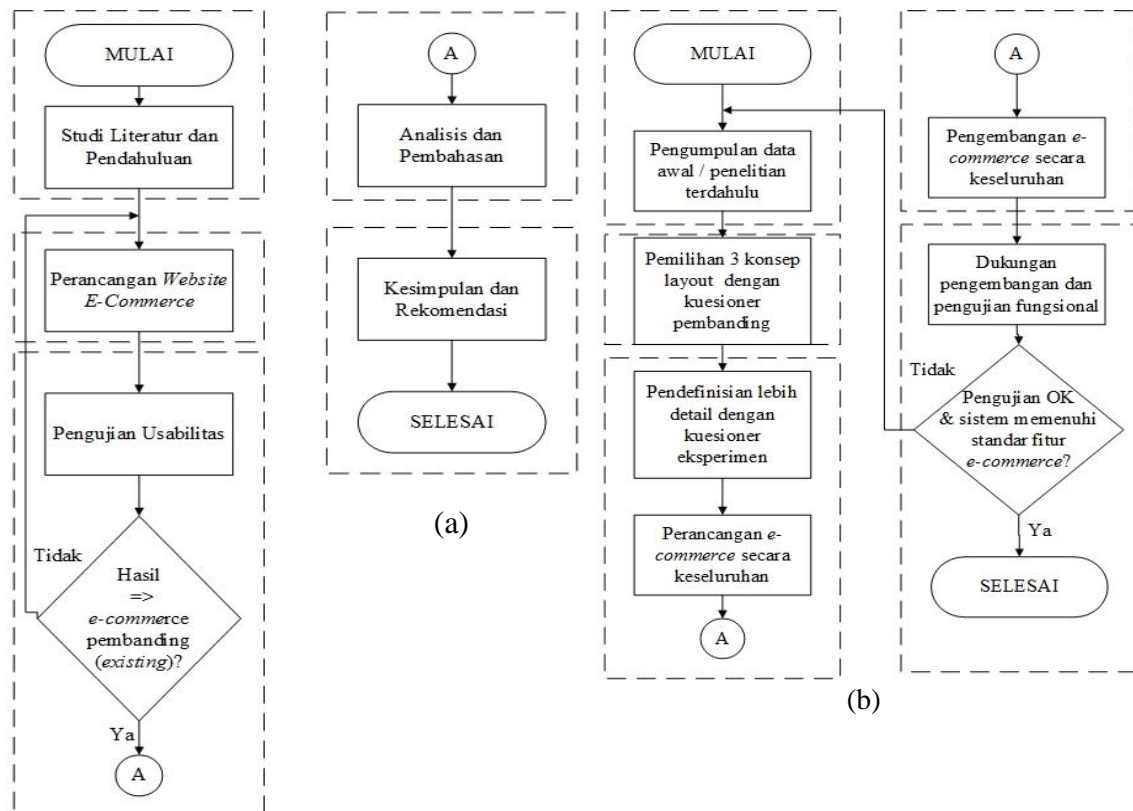
Evaluatur membandingkan *e-commerce* yang ada dari 10 *brand* batik terpilih dan yang dikembangkan. Evaluatur *double expert* berjumlah 5 orang bekerja secara individual, menggabungkan temuan, kemudian melakukan evaluasi pada waktu yang sama.

Pilot Study

Pilot study dilakukan untuk menguji fitur dan tampilan *website e-commerce* batik untuk menjalankan *task* yang diberikan. Tujuan melakukan *pilot study* untuk menguji fitur dan tampilan pada *e-commerce* batik berfungsi seperti yang diinginkan dan memastikan sistem tidak terdapat *error*, serta memastikan *task* untuk menjalankan fitur bisa dijalankan dengan baik.

2.3 Tahapan Penelitian

Garis besar tahapan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3. berikut.



Gambar 3. Tahapan Penelitian (a) dan Perancangan E-commerce Batik (b)

2.4 Perancangan Website E-Commerce

Pada tahapan ini *e-commerce* batik mulai dikembangkan sesuai dengan metode *Goal Directed Design* (Cooper, et al, 2014, serta Williams., 2009). Metode ini terdiri dari 6 tahapan yang harus dilalui yang digambarkan pada Gambar 3. di atas yaitu: *Research*, *Modelling*, *Requirement Framework*, *Refinement*, dan *Support*.

2.5 Kuesioner

System Usability Scale (SUS)

Setelah responden mengerjakan seluruh *task*, responden akan diberikan kuesioner SUS yang berfungsi untuk mengukur dimensi kepuasan konsumen terhadap keseluruhan reaksi sistem dan *interface e-commerce* batik. Kuesioner SUS terbukti handal dan valid, kuesioner ini merupakan salah satu pengukuran kuantitatif terhadap penilaian user pada keseluruhan sistem tanpa perlu mengeluarkan biaya yang mahal (Brooke, 1996, serta Sharfina dan Santoso, 2016).

Modelling Layout Website

Penilaian layout mengacu kepada beberapa item indikator layout halaman website di dalam penelitian yang berjudul “*Page Layout: Research-Based Web Design & Usability Guidelines*” (Travis, 2016 serta Leavitt dan Shneiderman, 2004).

Tabel 4. Indikator Kuesioner *Modelling Layout Website*

No.	Kriteria Navigasi	No.	Kriteria Navigasi
1	Kemudahan tata letak	9	Kategori produk ditampilkan dengan jelas pada halaman awal (<i>homepage</i>)
2	Kemudahan navigasi / posisi menu	10	Penempatan daftar produk yang diutamakan (<i>featured item</i>)
3	Kelengkapan konten / block / elemen	11	Elemen standar (judul halaman, navigasi situs, navigasi halaman) mudah ditemukan
4	Kemudahan mencari menu / navigasi	12	Komponen antarmuka pengguna (seperti tombol, radio dan kotak centang) digunakan dengan tepat
5	Kesesuaian ukuran (keterbacaan) konten	13	Setiap halaman memiliki tata letak yang konsisten
6	Ketepatan lebar/ panjang halaman	14	Tata letak membantu memusatkan perhatian pada apa yang harus dilakukan selanjutnya
7	Ketersediaan ruang kosong (<i>white space</i>)	15	Pada semua halaman, informasi penting (topik, fitur dan fungsi) disajikan pada layar pertama informasi
8	Penempatan kotak pencarian		

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Perancangan Layout

Hasil studi literatur terdapat 3 layout dari 4 ahli dengan klasifikasi dan referensi layout yang disajikan pada tabel 5. berikut.

Tabel 5. Klasifikasi Layout *E-Commerce* Menurut Pakar

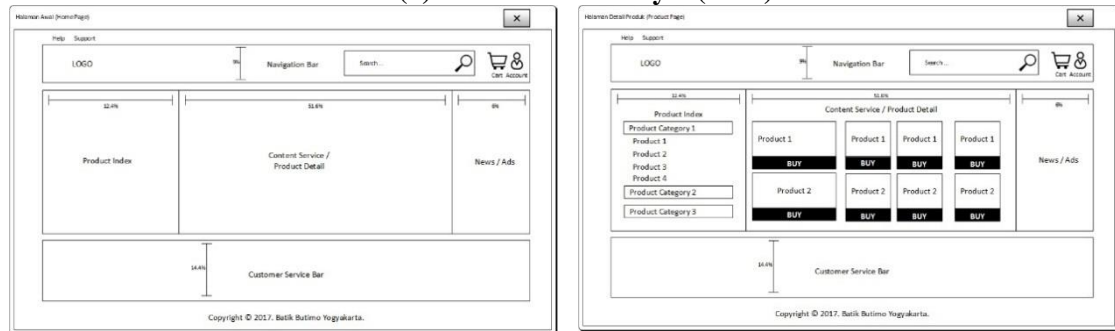
Pakar/ Ahli	Klasifikasi	Referensi Layout	E-commerce Batik
E-Commerce (2011)	Style B2C (Business to Consumer)	<ul style="list-style-type: none"> • Delta Airlines • Fidelity • Wal-Mart and K-Mart 	<ul style="list-style-type: none"> • Batik Keris • Bateeq • Kencana Ungu
Rappa (2010)	Taxonomy Manufacture Model	<ul style="list-style-type: none"> • Intel • Apple • Dell Computers 	<ul style="list-style-type: none"> • Iwan Tirta PC • Danar Hadi • Galeri Batik Jawa
Chloe (eCommerce MasterPlan) (2011)	Thomas Boutique bricks and clicks	<ul style="list-style-type: none"> • Boswells • Needlecraft • Brownsfashion.com 	
Internet Top 500 (2011)	Retailer's 3 Features: Guide Spatial, location, and presentation	<ul style="list-style-type: none"> • TJX • Gap • Ross Stores 	<ul style="list-style-type: none"> • Parang Kencana

Desain Layout *E-Commerce*

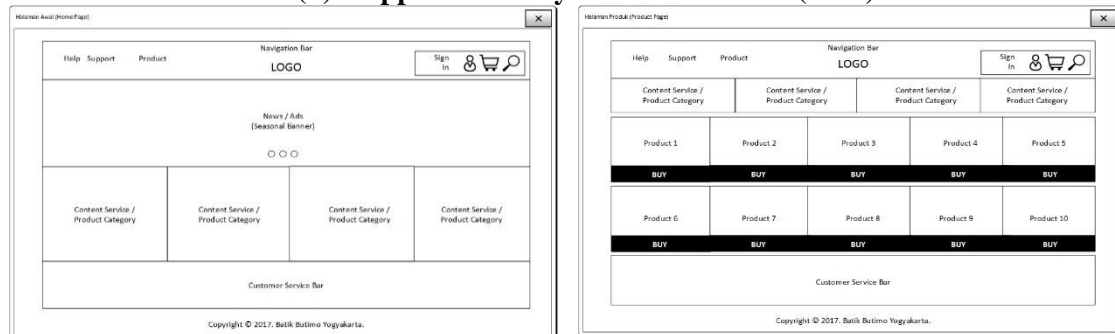
Selanjutnya dirancang desain *layout website e-commerce* sesuai dengan ketentuan klasifikasi oleh para pakar tersebut untuk selanjutnya dilakukan pengambilan data untuk menentukan *layout* terbaik berdasarkan konsumen melalui survei kebutuhan kepada 30 responden yang aktif melakukan transaksi online belanja batik minimal 1x. Hasil layoutnya sebagai berikut.



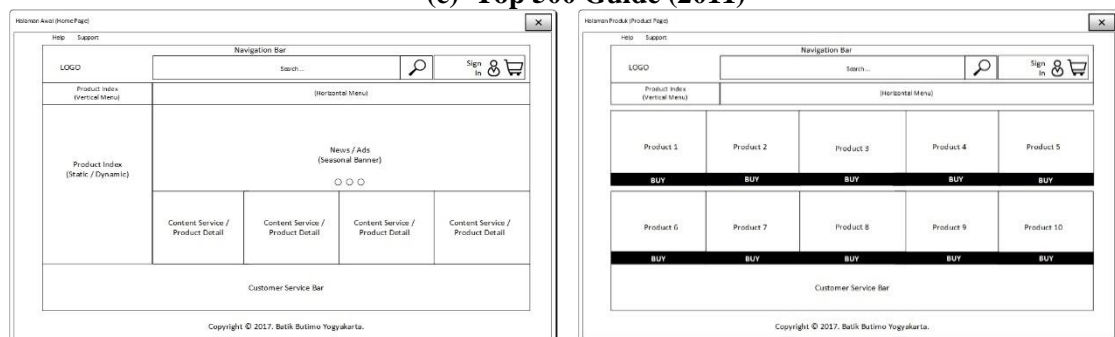
(a) E-Commerce Style (2011)



(b) Rappa Taxonomy & Chloe Thomas (2010)



(c) Top 500 Guide (2011)



Gambar 4. Desain Layout E-Commerce

Uji Validitas Kuesioner

Sebelum dilakukan perhitungan nilai *usability satisfaction*, hasil pengisian kuesioner terlebih dahulu diuji validitas dan reliabilitasnya. Pengujian validitas ini dilakukan untuk menilai kemampuan atribut-atribut (item-item pertanyaan) yang digunakan. Uji validitas terhadap 15 butir indicator pertanyaan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Ms Office Excel 2013.

Tabel 6. Hasil Uji Validitas

No. Item Pertanyaan	Validitas	No. Item Pertanyaan	Validitas	No. Item Pertanyaan	Validitas
1	VALID	6	VALID	11	VALID
2	VALID	7	VALID	12	VALID
3	VALID	8	VALID	13	VALID
4	VALID	9	VALID	14	VALID
5	VALID	10	VALID	15	VALID

Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas digunakan untuk melihat seberapa akurat pengukuran yang dilakukan. Uji ini juga dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Ms Office Excel 2013.



Tabel 7. Hasil Uji Reliabilitas

	Total Ganjil	Total Genap
Total Ganjil	1	
Total Genap	0,968936	1

Dikarenakan nilai $r = 0.968936$ di atas 0.6 maka **reliabel**. Nilai r diatas 0.8 sudah sangat baik.

Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data diperlukan untuk memastikan bahwa yang telah dikumpulkan dan disajikan dalam laporan penimbangan tersebut adalah cukup secara obyektif. Dikarenakan sampel adalah random maka penelitian menggunakan rumus berikut.

$$N' = \left[\frac{k/s\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (1)$$

Tabel 8. Hasil Uji Kecukupan Data

Tingkat keyakinan (k) 99%	3	Jumlah $\sum x_i^2 * N$	1043145
Tingkat ketelitian	5%	Pengurangan (F70-F71)	332182
Jumlah data (N)	45	Akar Pengurangan (F70-F71)	576,3523
		$k/s * \text{akar pengurangan}$	34581,14
Jumlah $\sum x_i$	5653	$k/s * \text{akar pengurangan} / \text{jumlah } x_i$	6,117308
$(\sum x_i)^2$	710963	Pangkat dari semuanya (N')	37,42145

Karena $N' < N$ maka data sudah cukup.

Uji Perbandingan Rata-rata

Uji perbandingan rata-rata digunakan untuk mengetahui *layout* yang dipilih oleh responden dengan hasil berikut.

Tabel 9. Uji Perbandingan Rata-rata

E-Commerce Style		Rappa & Chloe Thomas		Top 500 Guide	
Jumlah	2661	Jumlah	2740	Jumlah	2650
Rata-rata 1	3,942222	Rata-rata 2	4,059259	Rata-rata 3	3,925926

Hasil uji perbandingan rata-rata menunjukkan bahwa *Layout 2* (Rappa & Thomas) terpilih karena memiliki nilai tertinggi yaitu **4,059259**.

3.2 Perancangan Desain Visual

Selanjutnya dilakukan pengembangan secara detail desain visual (warna, gambar, dan font) dan fitur berdasarkan *layout* terpilih terhadap responden yang sama.

Pemilihan Gambar

Gambar yang paling menarik saat pertama kali membuka *website e-commerce* batik yaitu “Model mengenakan baju batik” dengan nilai 69.7%, hasilnya sebagai berikut.

Tabel 10. Desain Visual E-Commerce (Pemilihan Warna)




Ranking	Gambar	Hasil (%)	Ranking	Gambar	Hasil (%)
1	Model mengenakan baju batik	69.7	4	Produk fashion dipasang di patung (manekin)	18.2
2	Orang membatik	42.4	5	Kain batik di gawangan	6.1
3	Selebaran kain batik	21.2	6	Tulisan Batik Yogyakarta	3



Pemilihan Warna

Hasil kuesioner untuk pemilihan kombinasi warna tertinggi yaitu Modern and Clean dengan nilai sebesar 45.5%, ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 11. Desain Visual *E-Commerce* (Pemilihan Warna)

Desain Visual Kombinasi Warna	Deskripsi	Nilai
	Iwan Tirta (Warna Mute) tampilan yang hangat dan sederhana	33.3%
	Danar Hadi (Modern and Clean) desain modern and clean	45.5%
	Galeri Batik Jawa (Minimalis) desain elegan	21.2%

Pemilihan Font (Tipografi)

Hasil kuesioner untuk pemilihan kombinasi font, nilai tertinggi yaitu Font Sans Serif (50%), 5.2% responden memilih font lainnya, hasilnya ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 12. Font (Tipografi) pada *Existing Product*

Desain Visual Kombinasi Font	Deskripsi & Hasil
	Font Serif (18.8%) Memberikan kesan lebih serius dan intelektual. Heading 1 : Georgi Heading 2 : Bookman Old Style Body/ Content : Bookman Old Style





Font Serif/ Sans Serif & Script (25%)
Font Script memberikan kesan kelas mewah dan artistik serta lebih terlihat lebih anggun.

Heading 1 : Rotis (Serif)
Heading 2 : Forte (Script)
Body/ Content : Arial (Sans Serif)



Font Sans Serif (50%)
Memberikan kesan modern dan lebih santai.

Heading 1 : Proxima Nova
Heading 2 : Proxima Nova
Body/ Content : Roboto

3.3 Evaluasi Heuristik

Evaluator yaitu *double expert* berjumlah 5 orang bekerja secara individual, menggabungkan temuan, kemudian melakukan evaluasi. Hasil temuan dan evaluasi ini digunakan untuk pengembangan fitur utama dan pendamping *website e-commerce* batik.

Pemilihan Fitur Utama

Pengujian evaluasi heuristik dari 28 item kriteria usability, 7 item atau sebesar 25% item dianggap sebagai temuan dan perlu dievaluasi karena fitur tersebut belum maksimal pada ketiga *website e-commerce* yang sudah ada, sehingga 21 item fitur lainnya bersifat wajib.

Tabel 13. Ringkasan dan Detail Masalah Usabilitas

No.	Atribut	Iwan Tirta	Danar Hadi	Galeri Jawa
1	Terdapat forum/ live chat (Messenger)	Tidak	Tidak	Tidak
2	Terdapat informasi status pengiriman/ tracing	Tidak	Tidak	Tidak
3	Informasi event program/promo secara terpisah	Tidak	Ragu	Tidak
4	Terdapat fleksibilitas cara pembayaran	Ragu	Ada	Tidak
5	Terdapat fleksibilitas cara pengiriman	Tidak	Tidak	Tidak
6	Terdapat info posisi user dalam webpage (breadcrumb)	Tidak	Ada	Tidak
7	Terdapat fitur search yang jelas, fleksibel, dan mudah	Ada	Tidak	Tidak

Berdasarkan temuan tersebut, dijadikan rekomendasi untuk perbaikan *website e-commerce* yang sedang dikembangkan. Secara keseluruhan *e-commerce* Danar Hadi lebih baik dibandingkan dengan lainnya. Sehingga pengujian usability untuk aspek *Learnability*, *Efficiency*, *Memorability*, *Error*, dan *Satisfaction* menggunakan SUS membandingkan antara Danar Hadi dan *e-commerce* yang dikembangkan (Butimo), yang masih dalam proses penelitian.

Pemilihan Fitur Pendukung

Hasil kuesioner untuk pemilihan fitur berdasarkan pengujian evaluasi heuristik diujikan kepada 30 responden bersamaan dengan pemilihan desain visual. Hasilnya ditampilkan pada tabel berikut.



Tabel 14. Fitur Pendukung

No.	Atribut	Hasil
1	Terdapat forum/ live chat (Messenger)	Penting
2	Terdapat informasi status pengiriman/ tracing	Sangat Penting
3	Informasi event program/promo secara terpisah	Penting
4	Terdapat fleksibilitas cara pembayaran	Sangat Penting
5	Terdapat fleksibilitas cara pengiriman	Sangat Penting
6	Terdapat info posisi user dalam webpage (navigasi breadcumb)	Penting
7	Terdapat fitur search yang jelas, fleksibel, dan mudah	Sangat Penting

Fasilitas pendukung yang diperlukan yaitu: Testimoni (*Happy Customer*) sebesar 78.8%, Link Marketplace sebesar 63.6%, Informasi status pengiriman/ *tracing* sebesar 60.6%, Affiliate marketing sebesar 30.3%, dan Katalog harga & Galeri foto customer sebesar 3%. Sedangkan untuk media pendukung dan metode pembayaran hasilnya pada tabel berikut.

Tabel 15. Media Pendukung & Metode Pembayaran

No.	Atribut	Hasil (%)	No.	Atribut	Hasil (%)
1	Video ulasan pembuatan produk	67.6	1	Transfer Bank	94.1
2	Gambar peta lokasi usaha	64.7	2	Cash on Delivery (COD)	82.4
3	Animasi	41.2	3	Kartu Kredit	47.1
4	Video <i>behind story</i> batik	35.3	4	PayPal	35.3
5	Penggunaan & perawatan produk	2.9	5	Rekber lewat Marketplace	2.9
			6	Lewat minimarket	2.9

4 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pengujian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil perancangan website *e-commerce* batik: 1) Pada tahapan *Research* terdapat 3 layout dari 4 ahli dengan klasifikasi dan referensi *layout* masing-masing, 2) Pada tahapan *Modelling Layout Website*, layout tersebut diuji dengan 15 indikator kuesioner. Hasil uji perbandingan rata-rata pada kuesioner 1 dengan melibatkan 30 responden menunjukkan bahwa Layout 2 (Rappa & Thomas) terpilih karena memiliki nilai tertinggi yaitu 4,059259. 3) Pada tahapan *Requirement Framework* yaitu perancangan desain visual dan fitur, hasilnya yaitu desain terpilih: warna Modern and Clean sebesar 45.5%, gambar “Model Batik” 69.7%, dan font Sans Serif 50%.
- Pengujian usabilitas yang sudah dilakukan yaitu HE, hasilnya dari 28 item kriteria, 7 item (25%) dianggap gugur dan perlu dievaluasi, sehingga 21 item fitur yang wajib. Temuan tersebut dijadikan rekomendasi perbaikan *e-commerce* yang dikembangkan. Rekomendasinya yaitu: Terdapat informasi status pengiriman, fleksibilitas cara pembayaran & pengiriman, dan fitur search. Fasilitas pendukung yang diperlukan: Testimoni sebesar 78.8%, Video ulasan produk 67.6%, dan pembayaran Transfer Bank 94.1%.
- Secara keseluruhan sesuai hasil HE, *e-commerce* Danar Hadi lebih baik, sehingga pengujian usabilitas untuk 5 aspek membandingkan Danar Hadi dan *e-commerce* yang dikembangkan.

Saran

- Pada tahapan *Refinement* dan *Support* saat ini adalah proses pengembangan sistem secara keseluruhan. Dokumentasi pendukung (*Support*) nantinya yang akan digunakan sebagai acuan bagi *e-commerce* batik lainnya.



Daftar Pustaka

- Brooke, J., 2013, SUS: A Retrospective, *Journal of Usability Studies*, Vol. 8, No. 2, pp. 29-40.
- Brooke, J., 1996, *SUS - A Quick and Dirty Usability Scale*, Redhatch Consulting Ltd.,12 Beaconsfield Way, United Kingdom.
- Cho, N. and Park, S., 2001, Development of Electronic Commerce User-Consumer Satisfaction Index (ECUSI) for Internet Shopping, *Industrial Management and Data Systems*, Vol. 101, No. 8, pp. 400-6.
- Cooper, A., Reimann, R., Cronin, D., and Noessel, C., 2014, *About Face: The Essentials of Interaction Design, 4th Ed*, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Gay, L.R. and Diehl, P.L., 1992, *Research Methods for Business and Management*, MacMillan Publishing Company, New York.
- IBM, 1997, *Web Guideline – Complete Set*, IBM Research, New York.
- ISO 9241-11, 1995, *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals Part 11: Guidance on Usability*, International Organization of Standarization.
- Leavitt, M.O. and Shneiderman, B., 2004, *Chapter 6 Page Layout: Research-Based Web Design & Usability Guidelines*, U.S. Government Printing Office Official Editions, Washington.
- Liu, S.P., Tucker, D., Koh, C.E., and Kappelman, L., 2003, Standard User Interface in E-commerce Sites, *Industrial Management and Data Systems*, Vol. 103, No.8, pp. 600–610.
- Nielsen, J., 1993, *Usability Engineering*, Morgan Kauffmann, California.
- Nielsen, J. and Molich, R., 1990, Heuristic Evaluation of User Interfaces, *Conf. Human Factors in Computing Systems*. A C M, New York, pp. 249-256.
- Purwati, Y., 2011, Standard Features of E-Commerce User Interface for The Web, *Journal of Arts, Science & Commerce*, ISSN 2231-4172, Vol. II, No. 3.
- Rappa, M., 2010, Business Models on The Web, online accessed on 10 Apr. 2017, URL: <http://digitalenterprise.org/models/>.
- Sharfina, Z. and Santoso, H.B., 2016, An Indonesian Adaptation of the System Usability Scale (SUS), ICACSI ISBN: 978-1-5090-4629-4.
- Shi, M., 2011, Website Characteristics and Their Influences: A Review on Web Design, *Association of Business Information Systems (ABIS) Refereed Proceedings 2011*. pp. 127-135.
- Suyanto, M, 2005, Pengantar Teknologi Informasi untuk Bisnis, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Thomas, C., 2012, The seven types of ecommerce business, online accessed on 5 Mar. 2017, URL: <https://www.b2bmarketing.net/en-gb/resources/blog/seven-types-ecommerce-business-and-why-its-essential-know-which-type-you-are>.
- Travis, D., 2016, 38 Page Layout and Visual Design Usability Guidelines, online accessed on 10 Apr. 2017, URL: <http://www.userfocus.co.uk/resources/layoutchecklist.html>.
- Williams, A., 2009, User-Centered Design, Activity-Centered Design, and Goal-Directed Design: A Review of Three Methods for Designing Web Applications, *Proceedings of the 27th ACM International Conference on Design of Communication*, ISBN: 978-1-60558-559-8, pp. 1-8.
- Windarto, Y., 2015, Identifikasi Usability Factor Website E-Commerce Model B2C dengan Metode Heuristic Evaluation, *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer Ukrida*, Vol. 04 No. 14, pp. 221-231.



Pengaruh *Job Demands – Resources* terhadap *Burnout* pada Manajer Proyek Indonesia

Prasidananto Nur Santoso, Budi Hartono

Program Studi S2 Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri,
Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2, Yogyakarta 55281
E-mail: pranursan@gmail.com

Intisari

Dinamika kerja menimbulkan tantangan bagi mental pekerja, salah satunya adalah stres yang dianggap sebagai ancaman bagi masyarakat modern. Masalahnya stres tidak berhenti disitu saja, namun seringkali menjadi gejala awal timbulnya burnout. Burnout merupakan sindrom psikologis yang ditandai dengan adanya kelelahan emosional dan terlepasnya dari keterlibatan kerja. Pada konteks manajemen proyek, efek burnout dapat mengurangi produktivitas dan menambah jumlah pekerjaan yang tertunda serta pada akhirnya berkontribusi sebagai salah satu penyebab kegagalan proyek (Powell, 2003). Berdasarkan hal tersebut, maka perlu melakukan studi burnout pada manajer proyek dengan tujuan menguji model konseptual kaitan job demands, job resources, dan burnout. Penelitian dilakukan dengan metode snowball sampling secara cross-section survey. Kuesioner dikirim kepada 349 Manajer Proyek, dengan pengalaman sebagai manajer proyek minimal 2 tahun, dari berbagai perusahaan berbasis proyek di Indonesia. Sebanyak 78 manajer proyek yang memenuhi kualifikasi penelitian memberikan respon dengan respon rate sebesar 27,22 persen. Data diolah menggunakan analisis faktor konfirmatori, uji asosiasi, dan path analysis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber daya (JR) menjadi prediktor bagi peningkatan dan penurunan tuntutan kerja (JD) sebesar 41% ($\beta = -0,413$, $t = -3,957$, $p. < 0,01$). Sedangkan, JD merupakan prediktor bagi adanya burnout (BO) sebesar 37% ($\beta = 0,365$, $t = 3,087$, $p. < 0,01$).

Kata Kunci: burnout, job demands, job resources, JDR model, manajer proyek Indonesia

1. Pendahuluan

Dinamika kerja saat ini menimbulkan tantangan baru bagi mental pekerja, salah satunya adalah stres yang dianggap sebagai ancaman bagi masyarakat modern. Penyakit mental telah menyumbang 35% prevalensi kecacatan global di beberapa negara yang tergabung dalam *Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)*. Masalahnya stres tidak berhenti disitu saja, namun sebaliknya justru seringkali menjadi gejala awal timbulnya dampak lanjutan seperti burnout. Studi tentang fenomena burnout telah berlangsung lebih dari 35 tahun dan telah menjadi tema yang dominan secara akademis, namun dari beberapa penelitian tersebut, masih sangat sedikit yang membahas dalam konteks manajemen proyek, bahkan di Indonesia belum pernah dilakukan.

Mempelajari fenomena burnout dianggap penting untuk dilakukan dengan didasarkan pada isu bahwa hal tersebut terbukti menjadi beban ekonomi yang dapat terjadi seiring waktu, karenanya pencegahan merupakan hal yang sangat penting dan hal itu mungkin untuk dilakukan melalui kegiatan promotif di tempat kerja (Toppinen-tanner, 2011). Pada konteks manajemen proyek, efek burnout dapat mengurangi produktivitas dan menambah jumlah pekerjaan yang tertunda serta pada akhirnya berkontribusi sebagai salah satu penyebab kegagalan proyek (Powell, 2003).



Manajer proyek merupakan elemen kunci terhadap keberhasilan proyek, karenanya keterlibatan mereka, motivasi, dan kinerjanya menjadi pertimbangan penting bagi perusahaan. Penelitian secara kuantitatif dilakukan oleh Emelander (2011) untuk mengetahui apakah manajer proyek mengalami *burnout* dan mempelajari kaitannya dengan kepuasan dari *intrinsic motivational needs* yang berbasis pada teori *self-determination theory*. Sampel penelitiannya mengalami *burnout* dengan korelasi signifikan ditemukan pada seluruh aspek *burnout* terhadap *intrinsic motivational needs*, dan juga antara setiap aspek *burnout* (*exhaustion*, *cynicism*, *inefficacy*) terhadap setiap aspek *self-determination theory* (*autonomy*, *relatedness*, *competency*). Hasilnya mendukung konsep bahwa individu mengalami *burnout* karena mereka kelelahan yang disebabkan adanya ketidakseimbangan tuntutan dan sumber dayanya, serta minimnya otonomi dan dukungan sosial.

Menggunakan model *Demand – Control – Support* sebagai kerangka penelitiannya, Pinto *et al.* (2014) meneliti *burnout* pada personil manajemen proyek konstruksi di Amerika Utara. Penelitiannya mengungkapkan bahwa tingkat tuntutan kerja yang tinggi dalam lingkup proyek merupakan prediktor bagi *burnout*. Usia, anggaran proyek, dan durasi proyek tidak signifikan pengaruhnya terhadap *burnout*. Sedangkan, terdapat efek gender bahwa wanita cenderung mengalami kelelahan emosi yang lebih besar dibanding rekan-rekan pria. Kontrol dan dukungan sosial berfungsi sebagai moderator bagi dimensi kelelahan emosional dan sinisme, sedangkan tuntutan pekerjaan merupakan prediktor kuat pada aspek kelelahan emosional dan tidak signifikan terhadap *personal efficacy*. Manajer proyek yang bekerja dalam kondisi situasi penuh tekanan, memiliki kewenangan kendali yang rendah, dan dukungan atasan yang tinggi cenderung mengalami *cynicism*.

Profesional yang mengalami *burnout* kurang produktif dan menyebabkan penurunan profitabilitas. Motil (2015) meneliti hubungan antara durasi proyek, anggaran, dan peran individu pada sebuah proyek terhadap *burnout*. Hasilnya menyatakan tidak ada hubungan yang signifikan secara statistik antara variabel independen dan *burnout*, namun signifikansi statistik terdapat pada anggaran proyek dalam memprediksi dimensi sinisme yang menunjukkan bahwa semakin besar anggaran proyek, lebih rentan terjadi sinisme pada individu. Penelitian sebelumnya telah menemukan bahwa peningkatan kadar sinisme dalam anggota tim proyek dapat menyebabkan perasaan keterasingan dan pemisahan diri dari peran pekerjaannya. Dampak positif perubahan sosial terhadap peningkatan kesadaran terhadap *burnout* adalah mampu memperluas pemahaman individu dan organisasi tentang prediksi *burnout* yang akhirnya menurunkan intensitas *turnover* karyawan sehingga meningkatkan produktivitas dan profitabilitas organisasi.

Leung *et al.* (2009) meneliti pengaruh berbagai jenis stres terhadap kinerja di manajemen proyek konstruksi. Stres dalam penelitiannya dikelompokkan dalam tiga jenis, yaitu: tekanan kerja (*job stress*), *burnout*, dan tekanan fisiologis (*physiological stress*). Tekanan kerja merupakan penyebab *burnout* yang bisa menjadi prediktor bagi munculnya tekanan fisiologis. Tekanan kerja berpengaruh negatif hanya terhadap kinerja individu (*task performance*). Kinerja individu terkait secara positif terhadap kinerja interpersonalnya, sedangkan *burnout* dan tekanan fisiologis berpengaruh negatif terhadap kinerja organisasi. Beberapa pendekatan yang direkomendasikan untuk mencegah stres diantaranya, pemantauan berkala terhadap tekanan kerja sebagai dasar untuk alokasi beban kerja, pertemuan organisasi dan berbagi tugas perlu tersedia bagi manajer proyek untuk mencegah *burnout*, dan jika gejala stres fisiologis ditunjukkan oleh manajer proyek maka perlu tersedia perawatan profesional.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, diperoleh pokok permasalahan adalah belum pernah dilakukan penelitian sejenis dalam konteks proyek di Indonesia sehingga terdapat kemungkinan perbedaan temuan dengan penelitian yang telah ada. Penelitian ini bertujuan untuk menguji model konseptual hubungan sebab akibat antara *job demand*, *job resources*, dan *burnout* dalam konteks manajemen proyek di Indonesia. Penelitian dilakukan dalam satu waktu (*cross-section survey*) dengan metode pengambilan sampel *snowball sampling* pada responden manajer proyek di berbagai jenis perusahaan berbasis proyek di Indonesia. Hasil

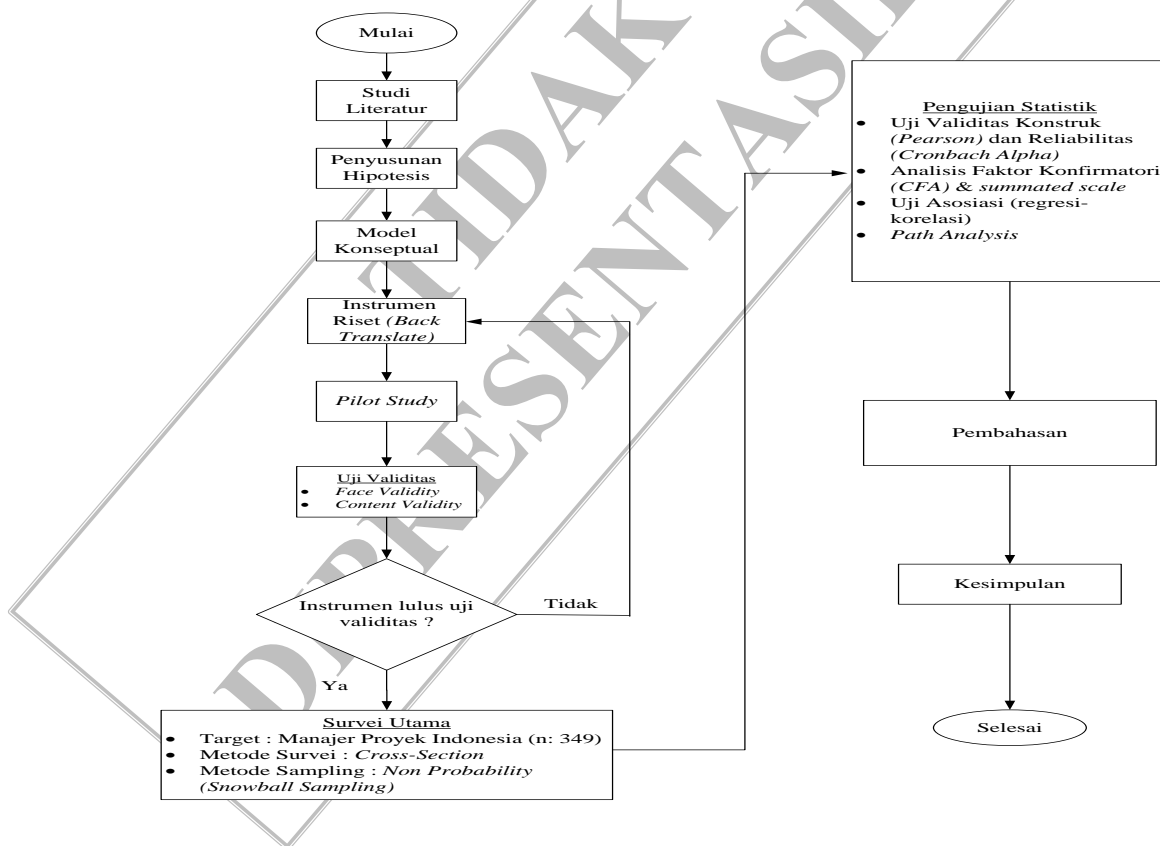


analisis menunjukkan hubungan karakteristik kerja terhadap *burnout*, sehingga dapat dikelola faktor penyebabnya agar efek negatif *burnout* dapat dicegah.

2. Metodologi

2.1 Prosedur

Penelitian ini dilakukan dalam satu waktu pada berbagai jenis perusahaan berbasis proyek secara *cross-sectional survey* dengan metode pengambilan sampel menggunakan *snowball sampling (non-probability sampling)*. Beberapa tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu: Studi literatur dilakukan untuk memahami konsep *burnout* sebagai dasar hipotesis dan instrumen pengukuran (kuesioner). Kuesioner penelitian diadopsi dari Bahasa Inggris dengan melalui proses translasi ke Bahasa Indonesia dengan acuan metode *back translation*. *Pilot study* dilakukan pada responden non-sampel. Selanjutnya, survei utama dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada sampel utama manajer proyek baik secara langsung dalam bentuk *hard copy* maupun secara tidak langsung melalui *online survey*. Analisis data secara kuantitatif dilakukan dengan menggunakan prinsip statistika dibantu oleh *software statistik (Ms. Excel 2013, SPSS 23, dan LISREL 9.2 Student Version-2015)*. Tahapan penelitian selengkapnya tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.2 Dasar Teori dan Definisi Operasional

2.2.1 Manajemen Proyek dan Tantangan Manajer Proyek

Kegiatan proyek adalah setiap kegiatan yang spesifik/unik yang dilakukan dengan cara spesifik untuk meraih tujuan yang spesifik (Mantel *et al.* 2011). Proyek merupakan usaha sementara yang dilakukan untuk membuat suatu produk, pelayanan, atau hasil yang unik. Pelaksanaan proyek diukur dengan tiga kriteria, yaitu: waktu, anggaran, dan *scope/kualitas* (Mantel *et al.* 2011). Manajemen Proyek merupakan penerapan pengetahuan, keahlian, metode,



dan teknik agar kegiatan proyek dapat memenuhi persyaratan proyek yang telah ditentukan (PMI, 2013).

Manajer proyek dan timnya dituntut bersiap menghadapi lingkungan kerja yang kompleks, penuh tuntutan dan penuh tekanan/stres. Sifat alamiah di mana selalu ada konflik dan stres dalam peran profesional manajer proyek dan anggota timnya telah menjadi bahasan dalam beberapa literatur manajemen proyek (Pinto *et al.* 2014).

Dijelaskan pula dalam Pinto *et al.* (2014) bahwa profesi manajer proyek dicirikan sebagai sebuah peran yang memiliki kegiatan beragam dengan keterbatasan sumber daya, berada di lingkungan yang cakupan tanggung jawabnya luas namun dengan otoritas yang terbatas. Berbeda dengan manajer operasi, seorang manajer proyek bertanggung jawab untuk menyelesaikan proyek dengan sedikit/tanpa kewenangan yang jelas dalam mengatur sumber daya yang dibutuhkan dari departemen fungsional (Mantel *et al.* 2011).

2.2.2 Job Demands – Resources (JD-R)

Konsep *Job Demands-Resources (JD-R)* diungkapkan oleh Bakker dan Demerouti (2007) yang mengelompokkan kondisi kerja dalam dua kategori umum yang disebut sebagai karakteristik kerja, yaitu: *Job Demands* (tuntutan pekerjaan) dan *Job Resources* (sumber daya kerja).

Job Demands adalah tuntutan pekerjaan yang menjadi *stressor* bagi manajer proyek. Hal itu mengacu pada aspek pekerjaan berupa fisik, psikologis, sosial, dan organisasi, yang membutuhkan usaha/keahlian fisik dan psikologis (kognitif dan emosional) tertentu (Bakker dan Demerouti, 2007). *Job Demands* pada penelitian ini terdiri dari dua dimensi, yaitu:

- Workload* merupakan tuntutan pekerjaan terkait dengan beban kerja yang diterima baik secara kuantitatif maupun kualitatif.
- Role ambiguity* merupakan kondisi ketidakjelasan peran yang terjadi ketika pekerja berada dalam ketidaktautan terhadap harapan yang dituntut dari dirinya (Cook, 2006).

Job Resources merupakan aspek sumber daya dari suatu pekerjaan berupa fisik, psikologis, sosial, dan organisasi yang berdampak pada pencapaian tujuan kerja, mengurangi tuntutan kerja terkait dengan kerugian fisiologis dan psikologis, serta mendorong adanya pertumbuhan, pembelajaran, dan pengembangan individu (Bakker dan Demerouti, 2007). *Job Resources* dalam penelitian ini menggunakan dimensi *Autonomy* terkait dengan kesempatan atau kebebasan bagi pekerja, yang melekat pada pekerjaan, dalam menentukan berbagai elemen tugas seperti metode bekerja, kecepatan bekerja dan tujuan bekerja (De Jong, 1995).

2.2.3 Burnout

Kombinasi tekanan (*stress*) yang berasal dari faktor pribadi dan organisasi yang tidak teridentifikasi dan terkelola dengan baik dalam jangka waktu lama dapat berkontribusi terhadap *burnout*. Maslach *et al.* (2001) menyatakan bahwa *burnout* merupakan respon berkepanjangan terhadap tekanan kronis terkait interpersonal dan emosional di tempat kerja, yang diwujudkan secara multidimensi dalam bentuk adanya kelelahan emosional (*exhaustion*), sikap tidak peduli (*cynicism/disengagement*), dan kehilangan efektifitas diri/kemampuan berprestasi (*inefficacy*).

2.3 Hipotesis

Pada penelitian ini penentuan variabel, dimensi, dan hipotesis ditentukan melalui studi literatur terkait dengan konsep *burnout* dalam konteks *project management*, antara lain: Fernet *et al.* (2013) menyatakan bahwa tuntutan pekerjaan merupakan prediktor paling penting dari *burnout*. Alarcon (2011) dalam meta analisisnya menyebutkan bahwa ambiguitas peran (*role ambiguity*) dan beban kerja (*workload*) merupakan elemen dalam *job demands* yang menjadi penyebab utama *burnout*. *Job demands* terlebih dulu akan menimbulkan efek kelelahan emosi (*emotional exhaustion*), disusul berikutnya oleh kemunculan elemen – elemen *burnout* yang lain.

Bakker *et al.* (2006) dalam perspektif psikologi organisasi menemukan bahwa *burnout* lebih mungkin terjadi ketika tuntutan pekerjaan tinggi dikombinasikan dengan sumber daya yang rendah. Otonomi dapat membantu mengatasi tuntutan pekerjaan karena karyawan bisa memutuskan sendiri kapan dan bagaimana cara menyikapi tuntutan kerja mereka. Pinto *et al.* (2014) meneliti *burnout* pada personil manajemen proyek dan mengungkapkan bahwa tingkat tuntutan kerja yang tinggi dalam lingkup proyek merupakan prediktor bagi *burnout*.



Terdapat beberapa hipotesis yang akan diuji dalam penelitian ini, yaitu hubungan antara *job demands* dan *job resources* sebagai variabel bebas terhadap *burnout* (variabel terikat). Mengacu pada uraian penelitian sebelumnya, peneliti menetapkan tiga hipotesis berikut, yaitu:

- Job resources* berpengaruh terhadap *Job demands* (H1).
- Job demands* berpengaruh terhadap *Burnout* (H2).
- Job resources* berpengaruh terhadap *Burnout* (H3).

2.4 Partisipan

Populasi dalam penelitian ini adalah manajer proyek pada perusahaan berbasis proyek di Indonesia yang telah berpengalaman menjadi manajer proyek minimal 2 tahun. Pada penelitian ini tidak diketahui jumlah populasi riil seluruh manajer proyek di Indonesia, sehingga penentuan sampel yang diteliti menggunakan pendekatan Tabel *Isaac-Michael* (Sugiyono, 2015). Berdasarkan pendekatan tabel tersebut diperoleh target responden sebanyak 349 manajer proyek (n ideal).

Dari angket survei yang disebar, sebanyak 78 responden memenuhi kualifikasi pengalaman manajer proyek dengan *respon rate* sebesar 27,22%. Responden terdiri dari 82% pria dan 18% wanita. Manajer proyek yang berpartisipasi dalam survei berasal dari berbagai jenis proyek, yaitu: 4% dari Konsultan, 18% dari Telekomunikasi, 28% dari Konstruksi, dan 50% dari *Information Technology*. Proporsi responden berdasarkan pengalaman sebagai manajer proyek tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pengalaman Responden

Pengalaman Manajer Proyek	Jumlah	Persentase
2 – 5 Tahun	44	56
5,1 – 10 Tahun	24	31
> 10 Tahun	10	13
Total	78	100

2.5 Pengukuran

Pengukuran *job demands* mengacu pada penelitian Kim & Wright (2007), skala yang digunakan adalah *likert* dengan skor satu (sangat tidak setuju) hingga skor lima (sangat setuju), terdiri dari tiga *item* untuk dimensi *workload* (*cronbach alpha* = 0,754) dan empat *item* untuk dimensi *role ambiguity* (*cronbach alpha* = 0,738). Pada dimensi *workload*, digunakan *item* seperti "Saya merasa sibuk atau tergesa-gesa". Sedangkan, pada dimensi *role ambiguity* digunakan *item* seperti "Pekerjaan saya jelas, tujuan terencana, dan ada sasaran".

Sedangkan, pengukuran *job resources* mengacu pada penelitian De Jong (1995), skala yang digunakan adalah *likert* dengan skor satu (sangat sedikit) hingga skor lima (sangat banyak), terdiri dari sepuluh *item* untuk dimensi *autonomy* (*cronbach alpha* = 0,890). *Item* yang digunakan seperti "Kesempatan yang ditawarkan dalam pekerjaan untuk menentukan sendiri tujuan pekerjaan".

Pengukuran *burnout* umumnya menggunakan instrumen komersial berlisensi yang dikenal sebagai *maslach burnout inventory* (MBI) yang diciptakan oleh Maslach (Maslach *et al.* 1997). Namun, pada penelitian ini digunakan instrumen *Oldenburg Burnout Inventory* (OLBI) yang diciptakan oleh Demerouti *et al.* 2010. Instrumen tersebut dipilih dengan beberapa pertimbangan, yaitu: tersedia untuk penelitian secara umum (non komersial) dan bukti empiris dari penelitian validasi oleh Qiao dan Schaufeli (2011) yang menunjukkan adanya korelasi kuat antara kedua alat ukur *burnout* (OLBI dan MBI) melebihi 0,70 ($p < 0,01$). Hal itu menunjukkan bahwa kedua alat ukur tersebut memiliki konsistensi hasil yang tinggi.

OLBI memiliki keunggulan dapat digunakan dalam konteks pekerjaan apapun dengan cakupan yang luas, tidak hanya aspek *affective* dari kelelahan, namun juga aspek fisik dan kognitifnya. Instrumen tersebut dapat digunakan untuk pengukuran pada pekerja dengan aktivitas fisik sebagai unsur utamanya, maupun pekerja yang terkait dengan aktivitas memproses informasi dalam pekerjaannya (Demerouti *et al.* 2001).

Kuesioner OLBI memiliki dua dimensi, yaitu: *exhaustion* (*cronbach alpha* = 0,798) dan *disengagement* (*cronbach alpha* = 0,753). Setiap dimensi terdiri dari delapan *item* dengan



karakter *item* yang berunsur negatif dan positif. *Item* yang berunsur negatif seperti "Ada hari-hari ketika saya merasa lelah sebelum saya tiba di tempat kerja". Sedangkan, *item* yang berunsur positif seperti "Saya selalu menemukan aspek-aspek baru dan menarik dalam pekerjaan saya". Skala yang digunakan adalah *likert* dengan skor satu (sangat tidak setuju) sampai skor empat (sangat setuju). *Item* yang berunsur positif harus dikodekan secara terbalik (*reverse*) untuk menilai *burnout*. Skor keseluruhan akan menunjukkan bahwa skor yang semakin tinggi (menuju skor empat) berarti semakin tinggi juga nilai *exhaustion* dan *disengagement*, maka semakin terindikasi adanya *burnout*.

3 Hasil Dan Pembahasan

3.1. Uji Validitas

Uji validitas dilakukan pada setiap *item* pertanyaan di setiap dimensi menggunakan korelasi *pearson*. *Item* yang memiliki intra korelasi tinggi dalam satu dimensi, dianggap valid dan layak digunakan pada analisis data. Sedangkan, beberapa *item* yang tidak valid (memiliki nilai intra korelasi rendah) tidak disertakan dalam analisis.

Pada variabel *job demands* dan *job resources*, seluruh *item* penyusun untuk setiap dimensinya dianggap valid karena memiliki intra korelasi yang tinggi (signifikan pada $p < 0.05$). Pada variabel *burnout*, beberapa *item* dihilangkan karena dianggap tidak valid, sehingga yang dicantumkan pada Tabel 2 merupakan *item* yang valid dengan intra korelasi tinggi di antara *item* penyusunnya di setiap dimensi.

Tabel 2. Validitas Variabel *Burnout*

	BX01	BX02	BX03	BX04	BX05	BX06	BD02	BD03	BD04	BD05	BD06	BD08
BX01	1											
BX02	.417**	1										
BX03	.305**	.236*	1									
BX04	.310**	.489**	.220	1								
BX05	.349**	.508**	.475**	.325**	1							
BX06	.453**	.502**	.299**	.545**	.472**	1						
BD02	.412**	.581**	.191	.483**	.430**	.513**	1					
BD03	.257*	.233*	.211	.551**	.201	.404**	.544**	1				
BD04	.282*	.258*	.410**	.355**	.371**	.177	.332**	.418**	1			
BD05	.293**	.363**	.136	.431**	.320**	.383**	.398**	.301**	.244*	1		
BD06	.343**	.318**	.253*	.534**	.269*	.525**	.534**	.586**	.431**	.405**	1	
BD08	-.053	.085	.356**	.096	.185	.094	.061	.242*	.233*	-.201	.254*	1

** . Korelasi signifikan pada $p < 0.01$ (2-tailed).

* . Korelasi signifikan pada $p < 0.05$ (2-tailed).

3.2. Confirmatory Factor Analysis (CFA)

CFA dilakukan untuk menguji model teoritis yang telah dibangun pada setiap variabel berdasarkan spesifikasi model konstruksi yang telah ditetapkan sebelumnya. Hasil CFA harus memiliki kesesuaian model (*goodness of fit statistic*) yang sesuai standar sehingga *factor loading* bisa digunakan untuk pengolahan data selanjutnya. Pada proses CFA, peneliti melakukan pengolahan data dengan tahapan mengacu pada Hair *et al.* (2010) dan menggunakan bantuan *software LISREL 9.2 (Student Version-2015)*. Secara umum setiap variabel yang diuji CFA tidak terindikasi *offending estimate* yang ditunjukkan dari angka *error variance* yang positif dan *standardized loading factor* (λ) < 1 , serta nilai *standard error* yang tidak terlalu besar ($\Theta < 1$). Model menunjukkan hasil yang valid dilihat dari nilai *t-value* $> 1,96$ (nilai kritis) dan *standardized loading factor* (λ) $\geq 0,5$. Uji kesesuaian model CFA dilakukan dengan memeriksa nilai *chi square*, *p-value*, *RMSEA*, dan parameter kesesuaian lain seperti tercantum pada Tabel 3. Secara umum, nilai – nilai tersebut menunjukkan kesesuaian yang baik (*goodness of fit statistics*) sehingga *item* penyusunnya dianggap sesuai sebagai refleksi dari setiap variabel pengukuran.



Tabel 3. Parameter *Goodness Of Fit* Uji CFA

Kriteria	Variabel JR	Variabel JD	Variabel Burnout
<i>Chi-Kuadrat (Max Likelihood ratio)</i>	74.24	15.94	102.72
<i>ECVI</i>	1.48	0.59	1.98
<i>NCP</i>	39.24	2.94	49.72
<i>NFI</i>	0.890	0.901	0.850
<i>IFI</i>	0.940	0.980	0.920
<i>CFI</i>	0.930	0.979	0.920
<i>RFI</i>	0.860	0.840	0.810
<i>PNFI</i>	0.690	0.558	0.680
<i>PGFI</i>	0.530	0.440	0.560
<i>AIC</i>	110	259.68	156

3.3. Uji Asosiasi (Korelasi dan Regresi)

Uji korelasi antar dimensi pada setiap variabel dilakukan untuk mendapatkan gambaran seberapa kuat hubungan yang dibentuk dari satu indikator terhadap indikator yang lain. Hal itu sebagai dasar dalam pengujian regresi untuk menguji seberapa jauh suatu indikator dapat diprediksi oleh indikator yang lain. Uji korelasi menggunakan *pearson correlation* diperoleh hasil seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Korelasi Antar Dimensi

	JDW	JDR	JR	BX	BD
JDW	1				
JDR	.267*	1			
JR	-.236*	-.423**	1		
BX	.347**	.327**	-.162	1	
BD	.258*	.121	-.091	.690**	1

** . Korelasi signifikan pada $p < 0.01$ (2-tailed).

* . Korelasi signifikan pada $p < 0.05$ (2-tailed).

Di dalam variabel *job demands* terdapat korelasi positif antar dimensinya, yaitu antara beban kerja (JDW) dengan ketidakjelasan peran (JDR) ($r = 0,267$; $p < 0,05$). Kedua dimensi tersebut juga sama – sama berkorelasi positif terhadap *exhaustion* (BX) dengan $r = 0,347$ untuk *workload* (JDW) dan $r = 0,327$ untuk *role ambiguity* (JDR) pada tingkat signifikansi yang sama ($p < 0,01$). Hal tersebut sejalan dengan bukti empiris terkait konsep *job-related stressors* yang diuraikan dalam penelitian Kim dan Wright (2007) dimana kedua dimensi tersebut merupakan penyebab (*antecedents*) pada kelelahan kerja. Hasil tersebut menunjukkan secara positif bahwa dinamika beban kerja dan ketidakjelasan peran dari seorang manajer proyek saling terkait seiring dengan karakter kerja manajer proyek dan *scope* proyek yang harus dikelolanya. Pada variabel *burnout* terjadi korelasi positif yang tinggi antar dimensinya, yaitu: *exhaustion* (BX) dan *disengagement* (BD) dengan $r = 0,690$ ($p < 0,01$). Hal tersebut menunjukkan bahwa kedua dimensi tersebut merupakan inti indikator adanya *burnout*.

Untuk mengetahui sejauh mana hubungan signifikansinya, selanjutnya dilakukan uji regresi linier dengan syarat bahwa seluruh variabel dan dimensi dinyatakan valid, reliabel, dan telah memenuhi asumsi linearitas. Variabel JR berpengaruh secara signifikan terhadap JD pada *sig.* 0,000 ($p < 0,01$) dan mampu menjelaskan variabel JD dengan nilai R^2 sebesar 17,1% ($Adj.R^2 = 0,16$; *Std. error* = 1,46). Besarnya pengaruh langsung JR terhadap JD tampak pada nilai *Beta* sebesar 0,413 atau 41,3%. Nilai *error* besar disebabkan masih terdapat 82,9% variasi JD yang dijelaskan oleh variabel lain yang tidak diperhitungkan dalam model ini. Persamaan regresi untuk hubungan ini adalah:

$$JD = 2,946 - 0,85JR \quad (1)$$



Variabel *JD* signifikan berpengaruh terhadap *BO* pada *sig.* 0.003 ($p. < 0,05$). Sedangkan, *JR* secara signifikan tidak berpengaruh yang ditunjukkan dengan signifikansi *sig.* 0,910 ($p. > 0,05$). Kedua variabel bebas tersebut mampu menjelaskan variabel *BO* secara keseluruhan dengan nilai R^2 sebesar 13% ($Adj.R^2 = 0,106$; $Std. error = 1,74$). Besarnya pengaruh *JD* terhadap *BO* tampak pada nilai *Beta* sebesar 0,365 atau 36,5%. Sedangkan, *JR* tidak signifikan pengaruhnya terhadap *BO* yang ditunjukkan dengan nilai *Beta* sebesar 0,013 atau 1,3%. Pada kedua variabel bebas terdapat perbandingan pengaruh yang jauh. Karenanya, koefisien variabel *JR* tidak berpengaruh signifikan secara statistik. Nilai *error* besar karena masih terdapat 87% variasi *BO* yang dijelaskan oleh variabel lain yang tidak diperhitungkan dalam model ini. Persamaan regresi untuk hubungan ini adalah:

$$BO = -0,111 + 0,422JD + 0,032JR \quad (2)$$

3.4. Pembahasan

Hasil uji model menunjukkan hubungan antar variabel dengan acuan model konseptual *job demand-resources* telah sesuai dengan terpenuhinya beberapa indikator *goodness of fit* (*chi square* = 0, *P-value* = 1, *RMSEA* = 0). Hasil perhitungan (*output*) program *LISREL* menunjukkan bahwa hubungan *JR* – *JD* signifikan ($t\text{-value} = -4,01$), hubungan *JD* – *BO* signifikan ($t\text{-value} = 3,15$), dan hubungan *JR* – *BO* tidak signifikan ($t\text{-value} = 0,12$). Pembahasan hipotesis secara rinci dapat dijelaskan sebagai berikut:

Pembahasan Hipotesis 1

Hasil pengujian asosiasi (Tabel 4) menunjukkan korelasi negatif antara *job resources* terhadap setiap dimensi pada variabel *job demands* (H1), yaitu: *workload* ($r = -0,236$, $p. < 0,05$) dan *role ambiguity* ($r = -0,423$, $p. < 0,01$). Hubungan negatif antara kedua variabel terbukti diterima dengan nilai $t\text{-value}$ yaitu $4,01 > 1,96$ (tingkat keyakinan 95%) dan nilai koefisien jalur (β) sebesar -0,41. Penerimaan hipotesis ini sejalan dengan penelitian Bakker *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa *burnout* terjadi ketika tuntutan pekerjaan tinggi dikombinasikan dengan sumber daya yang rendah. Otonomi membantu mengatasi tuntutan pekerjaan karena karyawan bisa memutuskan sendiri kapan dan bagaimana cara menyikapi tuntutan kerja mereka. Bakker dan Costa (2014) mengungkapkan bahwa konsep *JD-R* menyatakan bahwa sumber daya memainkan peran *buffer* dalam hubungan antara *job demands* dan *burnout*.

Penelitian ini dapat membuktikan hubungan berkaitan dengan konsep *JD-R* dengan adanya korelasi negatif pada keduanya, yang berarti adanya kemampuan *job resources* sebagai prediktor bagi *job demands* sehingga dapat mengendalikan efek kemunculan *burnout*. Seorang manajer proyek yang memiliki tingkat otonomi kerja tinggi (sumberdaya yang memadai) dalam pekerjaannya akan mampu menghadapi beratnya tuntutan kerja yang dihadapi. Hal tersebut penting untuk dicermati bahwa dengan mengelola tuntutan kerja dan sumber daya secara seimbang dapat mengurangi potensi munculnya *burnout* dikarenakan manajer proyek memiliki semacam “peredam” dalam menghadapi tuntutan kerja walau seberat apapun tekanannya.

Pembahasan Hipotesis 2

Hubungan positif variabel *job demands* terhadap *burnout* (H2) terbukti diterima karena nilai $t\text{-value}$ yaitu $3,15 > 1,96$ (tingkat keyakinan 95%) dengan nilai koefisien jalur (β) sebesar 0,37. Terdapat hubungan dari sisi dimensional (Tabel 4) pada variabel *job demands*, yaitu: *workload* ($r = 0,347$) dan *role ambiguity* ($r = 0,327$), keduanya terbukti berkorelasi positif terhadap *exhaustion* (salah satu dimensi *burnout*) pada tingkat signifikansi yang sama ($p. < 0,01$). Penerimaan hipotesis ini sejalan dengan penelitian Alarcon (2011) yang menyatakan bahwa ambiguitas peran (*role ambiguity*) dan beban kerja (*workload*) merupakan elemen dalam *job demands* yang menjadi penyebab utama *burnout*. Fernet *et al.* (2013) mengungkapkan bahwa tuntutan pekerjaan (*JD*) merupakan prediktor paling penting dari *burnout*.

Mengacu pada beberapa hal tersebut, maka peneliti menyimpulkan bahwa tuntutan kerja pada manajer proyek dapat menjadi prediktor bagi munculnya *burnout* tergantung dari seberapa besar dan kompleksnya tuntutan kerja yang dihadapi karena hal tersebut merupakan faktor situasional seperti diungkapkan oleh Bakker dan Costa (2014). Seorang manajer proyek yang

merasa tertekan atau tidak mampu beradaptasi terhadap tuntutan pekerjaannya akan cenderung melihat lingkungan kerjanya secara negatif (*sinisme/dissengagement*) dikarenakan sudah terdampak efek kelelahan secara mental dan fisiknya (*exhaustion*), hal itulah yang dianggap sebagai munculnya *burnout*.

Pembahasan Hipotesis 3

Hubungan variabel *job resources* terhadap *burnout* (H3) tidak dapat dipenuhi karena nilai *t-value* yaitu $0,12 < 1,96$ (tingkat keyakinan 95%) dengan nilai koefisien jalur (β) sebesar 0,01. Hal itu menunjukkan hubungan kedua variabel tidak signifikan sehingga tidak dapat mendukung bukti empiris yang diungkapkan oleh Fernet *et al.* (2013), yaitu: sumberdaya (*job resources*) sebagai prediktor bagi *sinisme (depersonalization/dissengagement)* dan *profesional efficacy*. Mengacu pada beberapa hal tersebut, maka peneliti menganalisis bahwa secara teoritis seharusnya *job resources* juga mampu memprediksi *burnout*, tetapi tidak dapat dibuktikan dalam penelitian ini. Hal itu bisa disebabkan oleh dua kemungkinan, yaitu: kemungkinan tidak adanya hubungan antar variabel dalam konteks penelitian ini dan terkait dengan data sampel yang tidak cukup besar ($n = 78$) sehingga hubungan antar variabel tersebut tidak terdeteksi.

4 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah penelitian ini dapat membuktikan hubungan berkaitan dengan konsep *Job Demand Resources (JD-R)* dengan adanya korelasi negatif pada keduanya, yang berarti adanya kemampuan *job resources/JR* sebagai prediktor bagi *job demands/JD* ($\beta = -0,413$, $t = -3,957$, $p. < 0,01$), dengan persamaan regresi untuk hubungan ini adalah: $JD = 2,946 - 0,85JR$. Seorang manajer proyek yang memiliki tingkat otonomi kerja tinggi dalam pekerjaannya akan mampu menghadapi beratnya tuntutan kerja yang dihadapinya. Tekanan kerja yang diterima oleh manajer proyek cukup sulit untuk dikurangi, karena secara alami karakter kerja proyek memang penuh dengan tekanan. Untuk mengimbangnya bisa ditempuh dengan peningkatan sumber daya yang memadai, tujuannya untuk menjaga keseimbangan antara *job demands* and *job resources*.

Penelitian ini juga membuktikan bahwa *Job Demands (JD)* pada manajer proyek dapat menjadi prediktor bagi munculnya *burnout* ($\beta = 0,365$, $t = 3,087$, $p. < 0,05$) dengan persamaan regresi untuk hubungan ini adalah: $BO = -0,111 + 0,422JD + 0,032JR$. Seorang manajer proyek yang merasa tertekan atau tidak mampu beradaptasi terhadap tuntutan pekerjaannya akan cenderung melihat lingkungan kerjanya secara negatif (*sinisme/dissengagement*) dikarenakan sudah terdampak efek kelelahan secara mental dan fisiknya (*exhaustion*), hal itulah yang dianggap munculnya *burnout*. Perusahaan dapat mengusahakan adanya peningkatan kejelasan peran dan tanggungjawab (*role clarity*), serta peningkatan otonomi kerja bagi para manajer proyeknya agar tekanan kerja yang dihadapi tidak menjadi beban bagi kesehatan mentalnya.

Perlu studi lebih lanjut (replikasi) menggunakan jumlah sampel yang lebih banyak ($n > 100$) dengan menambahkan beberapa variabel yang diduga kuat berpengaruh signifikan dan tidak berkorelasi dengan variabel independen yang sudah ada pada model penelitian ini (bersifat bebas dari multikolinearitas). Sampel aktual sebanyak 78 responden menunjukkan *margin of error* sebesar 11%.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada *Project Management Institute (PMI) Indonesia Chapter* sebagai bagian dari responden dalam penelitian ini.



β	=	Koefisien jalur	NCP	=	Non Centrality Parameter
λ	=	Standardized loading factor	AGFI	=	Adjusted Goodness of Fit Index
$\Theta\delta$	=	Standard error	NFI	=	Normed Fit Index
JD	=	Job Demands	IFI	=	Incremental Fit Index
JDW	=	Workload	CFI	=	Comparative Fit Index
JDR	=	Role Ambiguity	RFI	=	Relative Fit Index
JR	=	Job Resources	PNFI	=	Parsimonious Normed Fit Index
BO	=	Burnout	PGFI	=	Parsimonious Goodness of Fit Index
BX	=	Exhaustion	AIC	=	Akaike Information Criterion
BD	=	Disengagement	CN	=	Critical N
GFI	=	Goodness Of Fit Index	GoF	=	Goodness Of Fit
RMR	=	Root Mean Square Error			
RMSEA	=	Root Mean Square Error Approximation			
ECVI	=	Expected Cross Validation Index			

Daftar Pustaka

- Alarcon, G.M., 2011, A meta-analysis of burnout with job demands, resources, and attitudes, *Journal of Vocational Behavior*, 79, 549–562.
- Bakker, A.B., Schaufeli, W.B., Demerouti, E., dan Euwema, M.C., 2006, *An organizational and social psychological perspective on burnout and work engagement*, M. Hewstone, H. Schut, J. de Wit, K. van den Bos & M. Stroebe (Eds.), *The scope of social psychology: Theory and applications*, pp. 229-252, Andover: Psychology Press, UK.
- Bakker, A.B., dan Demerouti, E., 2007, The Job Demands-Resources model: state of the art, *Journal of Managerial Psychology*, 22 (3), 309-328.
- Bakker, A.B., dan Costa, P.L., 2014, Chronic job burnout and daily functioning: A theoretical analysis, *Burnout Research*, 1, 112–119.
- Cook, S.L.S., 2006, Explaining Burnout : A mixed Method Investigation Of Information Technology Workers, *Disertasi*, School of Business and Technology, Capella University, USA.
- De Jong, J., 1995, *Job Autonomy, Well-Being, and Health : A Study Among Dutch Health Care Workers*, Datawyse B.V.I Universitaire Pers Maastricht, Netherlands.
- Demerouti, E., Bakker, A.B., Nachreiner, F., dan Schaufeli, W.B., 2001, The Job Demand-Resources Model of Burnout, *Journal of Applied Psychology*, 86 (3), 499-512.
- Demerouti, E., Mostert, K., dan Bakker, A. B., 2010, Burnout and Work Engagement: A Thorough Investigation of the Independency of Both Constructs, *Journal of Occupational Health Psychology* 2010, 15 (3), 209–222.
- Emelander, S.J., 2011, A study of burnout and intrinsic needs fulfillment among project managers (Order No. 3443317), *ProQuest Dissertations & Theses Global* (854846638), School of Business and Technology, Capella University, USA. [Online Accessed 29 Januari 2016]
- Fernet, C., Austin, S., Trépanier, S., dan Dussault, M., 2013, How do job characteristics contribute to burnout? Exploring the distinct mediating roles of perceived autonomy, competence, and relatedness, *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 22 (2), 123-137.
- Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., dan Anderson, R.E., 2010, *Multivariate Data Analysis*, 7th ed., Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Kim, S., dan Wright, B.E., 2007, IT Employee Work Exhaustion Toward an Integrated Model of Antecedents and Consequences, *Review of Public Personnel Administration*, 27 (2), 147-170.
- Leung, M.-Y., Chan, Y.S. dan Dongyu, C., 2009, Structural linear relationships between job stress, burnout, physiological stress, and performance of construction project managers, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 18 (3), 312-328.



- Mantel, S.J., Meredith, J.R., Shafer, S.M., dan Sutton, M.M., 2011, *Project Management In Practice*, 4th ed., John Wiley & Sons, USA.
- Maslach, C., Leiter, M.P., dan Jackson, S.E., 1997, *The Maslach Burnout Inventory Manual*, <https://www.researchgate.net/publication/277816643>. [Online Accessed 15 Februari 2016]
- Maslach, C., Schaufeli, W.B., and Leiter, M.P., 2001, *Annual Review of Psychology*, 52, 397-422.
- Motil, M.M., 2015, Project duration, budget, individual role, and burnout among construction managers (Order No. 3705625), *ProQuest Dissertations & Theses Global* (1692569064). [Online Accessed 15 Februari 2016]
- Project Management Institute (PMI), 2013, *A Guide to the Project Management Body Of Knowledge (PMBOK)*, 5th ed., USA.
- Pinto, J.K., Dawood. S., dan Pinto, M.B., 2014, Project management and burnout : Implications of the Demand – Control – Support model on project-based work, *International Journal of Project Management*, 32, 578–589.
- Powell, B., 2003, *Root Causes of Project Failures : Stories of “Fixes that Fail”*, Project Management Dynamics Report on Pikes Peak Chapter of Project Management Institute (PMI) Presentation, Continuous Improvement Associates, Colorado, USA, <http://www.exponentialimprovement.com>, [Online Accessed 15 Februari 2016]
- Qiao, H., dan Schaufeli, W.B., 2011, The Convergent Validity of Four Burnout Measures in a Chinese Sample: A Confirmatory Factor-Analytic Approach, *Applied Psychology : An International Review*, 60 (1), 87–111.
- Sugiyono, 2015, *Statistika Untuk Penelitian*, Alfabeta, Bandung.
- Santoso, S., 2016, *Panduan Lengkap SPSS Versi 23*, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Toppinen-Tanner, S., 2011, *Process of burnout: structure, antecedents, and consequences*, People and Work Research Reports, Finnish Institute of Occupational Health, Juvenes Print, Finland.



Perbandingan Sensitivitas Metode REBA, OWAS dan QEC dalam Evaluasi Tingkat Risiko Postur Kerja (Studi Kasus di WL Aluminium Giwangan)

Rahmadhan, Dawi Karomati Baroroh

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 513665
E-mail: han.rahmad02@gmail.com

Intisari

Analisis postur kerja penting dilakukan karena postur kerja yang salah dapat menimbulkan ketidaknyamanan dan kelelahan pada pekerja yang dapat berdampak pada musculoskeletal disorder (MSDs). Hal ini akan menurunkan kualitas, produktivitas serta menimbulkan masalah kesehatan. Tujuan analisis postur adalah untuk mengetahui seberapa besar risiko penyakit yang ditimbulkan akibat pekerjaan yang dilakukan. Hasil tersebut dijadikan acuan untuk memberikan rekomendasi perbaikan postur kerja maupun lingkungan kerja. Penelitian ini dilakukan pada bagian produksi wajan di WL Aluminium Yogyakarta dengan menggunakan metode REBA, OWAS dan QEC untuk mengetahui sensitivitas ketiga metode dalam evaluasi risiko. Postur kerja yang dianalisis berjumlah 31 postur pada 8 bagian kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat risiko paling banyak diperoleh dari analisis dengan menggunakan metode REBA untuk bagian tubuh sebelah kanan yaitu tingkat risiko 2 dengan jumlah 24 postur. Uji statistik menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara ketiga metode dan korelasi yang dihasilkan adalah positif.

Kata Kunci: analisis postur, REBA, OWAS, dan QEC.

1. Pendahuluan

Manusia merupakan salah satu faktor yang memiliki peran penting dalam sebuah industri. Saat ini masih banyak industri yang melibatkan tenaga kerja manusia secara langsung dalam prosesnya, terutama industri kecil dan menengah (IKM). Hal ini dikarenakan sebagian besar alat yang digunakan bersifat manual yang membutuhkan manusia dalam pengoperasiannya. Menurut Nadri et al. (2015), peningkatan jumlah penyakit pada dunia industri yang terjadi seperti kecelakaan, penyakit kardiovaskular dan musculoskeletal dikarenakan sebagian besar kerja dilakukan secara manual. Oleh karena itu, manusia dituntut untuk bekerja dalam kondisi yang aman untuk menghindari dampak buruk terhadap kesehatan dan keselamatan kerja. *Musculoskeletal disorders* (MSDs) menjadi masalah signifikan pada negara industri yang memiliki dampak terhadap kondisi ekonomi maupun sosial, seperti menurunnya kualitas, produktivitas serta menimbulkan masalah kesehatan (Chiasson et al, 2012). Menurut Kee dan Karwowski (2007), MSDs merupakan masalah yang menyebabkan peningkatan biaya dan kompensasi upah dan kesehatan, menurunkan produktivitas dan kualitas hidup. Namun, pekerja seringkali tidak menyadari bahwa posisi atau postur kerja yang ditimbulkan dari pekerjaan tersebut dapat menimbulkan cedera pada tubuh yang dapat mengakibatkan MSDs. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko tersebut adalah dengan melakukan penilaian atau evaluasi ergonomi (*ergonomic assessment*), salah satunya adalah analisis postur kerja. Penilaian ini penting dilakukan karena postur kerja yang salah dapat menimbulkan ketidaknyamanan dan kelelahan pada pekerja yang berisiko menimbulkan penyakit MSDs. Tujuan analisis postur adalah

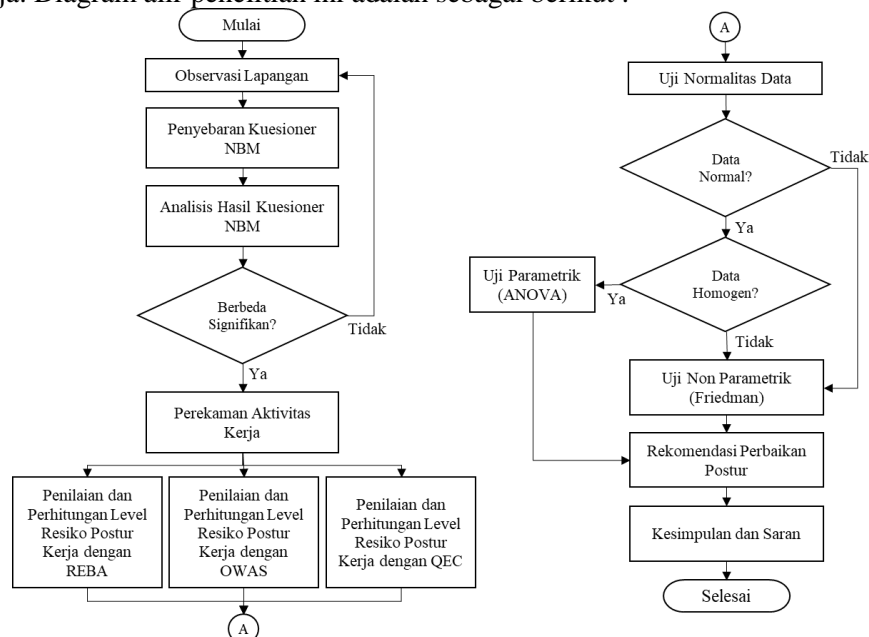


untuk mengetahui seberapa besar risiko penyakit yang ditimbulkan akibat pekerjaan yang dilakukan. Hasil tersebut dijadikan acuan untuk memberikan rekomendasi perbaikan postur kerja maupun lingkungan kerja.

Dalam ergonomi, dikenal beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis postur kerja, diantaranya adalah *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), *Ovako Working Posture Analysing System* (OWAS), *Occupational Repetitive Action* (OCRA), *Gradients of Occupational Health in Hospital* (GROW), dan *Quick Exposure Check* (QEC). Metode yang dipilih untuk analisis postur disesuaikan dengan tujuan penelitian dan tipe pekerjaan yang akan dianalisis. Pemilihan metode analisis postur kerja dapat dilakukan dengan melihat perbedaan karakteristik seperti tipe metode, faktor risiko yang diperhitungkan, validitas dan reliabilitas (Chiasson et al., 2012). Masing-masing metode memiliki keunggulan dan kelemahan, sehingga beberapa studi melakukan perbandingan dari beberapa metode dalam melakukan analisis postur kerja. Pada penelitian kali ini akan dilakukan analisis dengan membandingkan metode REBA, OWAS dan QEC pada proses pembuatan wajan aluminium di WL Aluminium Yogyakarta. Metode REBA, OWAS dan QEC dipilih karena menyesuaikan dengan tujuan penelitian, tipe pekerjaan dan bagian tubuh pekerja yang akan dianalisis. Penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan seberapa besar risiko yang ditimbulkan akibat postur kerja pada proses pembuatan wajan di WL Aluminium. Selain itu, hasil akhir yang diperoleh dapat menjadi pertimbangan dalam melakukan perbaikan lingkungan kerja di WL Aluminium Yogyakarta.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan terhadap postur pekerja pada proses produksi wajan di WL Aluminium Yogyakarta. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: Kamera DSLR untuk melakukan perekaman aktivitas kerja, Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) untuk mengidentifikasi WMSDs pada pekerja, *Worksheet* REBA untuk menilai postur kerja, *Worksheet* OWAS untuk menilai postur kerja, *Worksheet* QEC untuk menilai postur kerja, *Software* SPSS 16 untuk melakukan pengujian statistik data hasil penilaian postur kerja, *Software* Microsoft Excel untuk melakukan pengolahan data, dan *Software* CATIA V5R20 untuk mensimulasikan postur kerja. Diagram alir penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



3. Hasil dan Pembahasan

Hasil kuesioner NBM terhadap 22 responden terkait skor sebelum dan sesudah bekerja didapatkan bahwa rata-rata selisihnya adalah 10,04 dengan standar deviasi 9,25. Berdasarkan total skor tersebut, kemudian dilakukan pengelompokkan tingkat risiko dan jumlah pekerja menurut klasifikasi subyektivitas tingkat risiko bagian tubuh seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Tingkat Risiko Pekerja pada Kondisi Sebelum dan Sesudah Bekerja

Tingkat Risiko	Jumlah Pekerja	
	Sebelum	Sesudah
1	22	19
2	0	2
3	0	1
4	0	0
Jumlah Sampel	22	22

Setelah dilakukan uji normalitas terhadap skor sebelum dan sesudah bekerja, diketahui bahwa data skor sesudah bekerja tidak terdistribusi normal yaitu dengan nilai Sig. 0,002 ($p < 0,05$). Oleh karena itu, dilakukan uji non parametrik menggunakan *Wilcoxon Signed Rank Test*. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan SPSS, didapatkan nilai Sig. 0,001 ($p < 0,05$), sehingga keputusan hipotesis adalah menolak H_0 atau terdapat perbedaan signifikan antara kondisi sebelum dan sesudah bekerja. Analisis pada hasil kuesioner NBM juga dilakukan dengan menghitung persentase keluhan rasa sakit yang dirasakan oleh pekerja pada masing-masing bagian tubuh yang ditunjukkan pada tabel 2, dan analisis postur kerja dan kegiatan yang dilakukan pada tabel 3.

Tabel 2. Persentase Keluhan Rasa Sakit Pekerja

No	Bagian Tubuh	Persentase			
		TS	AS	S	SS
0	Leher bagian atas	36,4	50,0	9,1	4,5
1	Leher bagian bawah	54,5	22,7	18,2	4,5
2	Bahu kiri	72,7	22,7	4,5	0,0
3	Bahu kanan	63,6	27,3	9,1	0,0
4	Lengan atas kiri	50,0	31,8	18,2	0,0
5	Punggung	13,6	27,3	27,3	31,8
6	Lengan atas kanan	36,4	31,8	31,8	0,0
7	Pinggang	9,1	36,4	50,0	4,5
8	Pinggul	50,0	31,8	18,2	0,0
9	Pantat	86,4	4,5	9,1	0,0
10	Siku kiri	86,4	9,1	4,5	0,0
11	Siku kanan	68,2	13,6	18,2	0,0
12	Lengan bawah kiri	63,6	36,4	0,0	0,0
13	Lengan bawah kanan	45,5	50,0	4,5	0,0

No	Bagian Tubuh	Persentase			
		TS	AS	S	SS
14	Pergelangan tangan kiri	68,2	22,7	9,1	0,0
15	Pergelangan tangan kanan	54,5	31,8	9,1	4,5
16	Telapak tangan kiri	72,7	22,7	4,5	0,0
17	Telapak tangan kanan	68,2	18,2	13,6	0,0
18	Paha kiri	86,4	4,5	9,1	0,0
19	Paha kanan	72,7	18,2	9,1	0,0
20	Lutut kiri	81,8	18,2	0,0	0,0
21	Lutut kanan	72,7	22,7	0,0	4,5
22	Betis kiri	77,3	18,2	4,5	0,0
23	Betis kanan	81,8	18,2	0,0	0,0
24	Pergelangan kaki kiri	81,8	9,1	9,1	0,0
25	Pergelangan kaki kanan	72,7	13,6	13,6	0,0
26	Telapak kaki kiri	77,3	13,6	9,1	0,0
27	Telapak kaki kanan	72,7	18,2	9,1	0,0

Berdasarkan tabel 2, dapat dilihat bahwa keluhan sakit dan sangat sakit yang dirasakan pekerja paling banyak adalah pada bagian punggung dan pinggang. Selanjutnya dilakukan identifikasi postur kerja atau kegiatan yang memungkinkan timbulnya keluhan sakit terutama sakit bagian punggung dan pinggang. Hasil pemetaan terdapat 31 postur kerja yang berpotensi menimbulkan keluhan, di mana postur tersebut terbagi dalam 8 bagian kerja meliputi pengambilan aluminium cair, pencetakan wajan, pemindahan wajan ke area kontrol, bagian kikir, bagian



kontrol, bagian bubut, pemindahan wajan yang sudah dibubut, bagian penyetelan. Berikut adalah penjelasan setiap bagian dan postur kerja (ditunjukkan pada tabel 3), sedangkan hasil penilaian postur kerja ditunjukkan pada tabel 4 berikut:

Tabel 3. Postur Kerja dan Kegiatan

Pekerja	Nomor Postur	Kegiatan	Pekerja	Nomor Postur	Kegiatan
1	1	Mengambil aluminium cair dari tungku	4	19	Melakukan proses pengikiran wajan
	2	Mengangkat aluminium cair dari tungku		20	Meletakkan wajan yang sudah dikikir
	3	Membawa aluminium cair ke stasiun cetak	5	21	Mengambil wajan yang akan dikontrol
	4	Menuang aluminium cair ke cetakan		22	Melakukan proses <i>quality control</i> pada wajan
2	5	Memasang cetakan		23	Meletakkan wajan yang sudah dikontrol
	6	Memasang kayu sebagai tuas	6	24	Memasang wajan pada mesin bubut
	7	Memiringkan cetakan untuk diisi dengan aluminium cair		25	Mengencangkan mesin bubut
	8	Melepaskan kayu		26	Melakukan proses pembubutan
	9	Mengangkat cetakan		27	Meletakkan wajan yang sudah selesai dibubut
	10	Meletakkan cetakan di meja	7	28	Mengangkat wajan yang sudah dibubut
	11	Membersihkan sisa aluminium dari pinggir wajan hasil cetak		29	Membawa wajan yang sudah dibubut
	12	Mendinginkan cetakan dengan mengoleskan air		30	Meletakkan wajan yang sudah dibubut
	13	Bersiap mengangkat wajan	8	31	Melakukan proses penyetelan dan <i>finishing</i> wajan
	14	Mengangkat wajan			
3	15	Bersiap mengangkat wajan dari timbangan			
	16	Mengangkat wajan dari timbangan			
	17	Membawa wajan dengan trolley			
	18	Menurunkan wajan			



Tabel 4. Nilai Akhir Postur Kerja

Nomor Postur	Nilai Akhir REBA		Nilai Akhir OWAS	Nilai Akhir QEC
	Kanan	Kiri		
1	4	4	2	34,66%
2	4	6	2	32,39%
3	4	6	2	32,39%
4	1	4	1	34,66%
5	7	9	3	55,11%
6	4	4	2	34,66%
7	10	10	3	49,43%
8	4	4	2	34,66%
9	6	8	2	55,11%
10	7	9	3	51,70%
11	7	6	2	39,51%
12	5	4	2	38,27%
13	4	4	2	40,12%
14	4	4	2	36,36%
15	4	4	3	34,57%
16	7	4	2	58,52%
17	6	6	3	60,23%
18	9	9	3	59,66%
19	6	6	2	58,02%
20	8	8	2	46,02%
21	4	3	1	39,51%
22	3	3	1	47,53%
23	7	7	3	42,61%
24	7	7	2	43,83%
25	7	7	2	39,51%
26	8	8	3	51,85%
27	6	9	2	39,20%
28	10	10	4	58,52%
29	4	4	1	55,11%
30	9	7	4	60,80%
31	6	6	2	51,23%

Berdasarkan hasil analisis tersebut, selanjutnya postur kerja dikelompokkan sesuai tingkat risiko berdasarkan nilai akhir dari masing-masing metode. Pada pengelompokkan ini, metode REBA yang pada awalnya memiliki 5 kategori tingkat risiko dijadikan 4 kategori agar dapat dibandingkan dengan metode OWAS dan QEC. Tabel 5 berikut ini menunjukkan hasil pengelompokkan postur kerja berdasarkan tingkat risiko:

Tabel 5. Tingkat Risiko Postur Kerja

Nomor Postur	Tingkat Risiko REBA		Tingkat Risiko OWAS	Tingkat Risiko QEC
	Kanan	Kiri		
1	2	2	2	1
2	2	2	2	1
3	2	2	2	1
4	1	2	1	1
5	2	3	3	3
6	2	2	2	1
7	3	3	3	2
8	2	2	2	1



Nomor Postur	Tingkat Risiko REBA		Tingkat Risiko OWAS	Tingkat Risiko QEC
	Kanan	Kiri		
9	2	3	2	3
10	2	3	3	3
11	2	2	2	1
12	2	2	2	1
13	2	2	2	2
14	2	2	2	1
15	2	2	3	1
16	2	2	2	3
17	2	2	3	3
18	3	3	3	3
19	2	2	2	3
20	3	3	2	2
21	2	2	1	1
22	2	2	1	2
23	2	2	3	2
24	2	2	2	2
25	2	2	2	1
26	3	3	3	3
27	2	3	2	1
28	3	3	4	3
29	2	2	1	3
30	3	2	4	3
31	2	2	2	3

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa terdapat beberapa variasi dalam pengelompokan tingkat risiko dari ketiga metode. Namun, terdapat beberapa postur yang termasuk dalam kategori *high risk* ketika dilakukan analisis dengan ketiga metode yang ditunjukkan dengan warna kuning. Adapun beberapa postur tersebut adalah postur 5, postur 7, postur 18, postur 26, postur 28 dan postur 30.

Postur-postur yang memiliki tingkat risiko tinggi itu adalah postur mengangkat, membawa dan meletakkan. Postur ini memiliki risiko menimbulkan sakit pada bagian punggung dan pinggang pekerja. Hal ini didukung dengan hasil kuesioner NBM yang menunjukkan bahwa persentase keluhan rasa sakit pekerja pada bagian punggung dan pinggang adalah tinggi.

Selanjutnya, dilakukan pengelompokan jumlah postur kerja dan persentasenya pada masing-masing tingkat risiko metode REBA, OWAS dan QEC yang ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Jumlah dan Persentase Postur Kerja pada Masing-Masing Tingkat Risiko

Tingkat Risiko	REBA				OWAS	(%)	QEC	(%)
	Kanan	(%)	Kiri	(%)				
1	1	3%	0	0%	4	13%	13	42%
2	24	77%	22	71%	17	55%	6	19%
3	6	19%	9	29%	8	26%	12	39%
4	0	0%	0	0%	2	6%	0	0%
Total	31	100%	31	100%	31	100%	31	100%

Hasil yang diperoleh pada tabel 6 menunjukkan tingkat risiko paling banyak diperoleh dari analisis dengan menggunakan metode REBA pada bagian tubuh sebelah kanan dengan tingkat risiko 2, sedangkan tingkat risiko 4 hanya diperoleh pada analisis dengan menggunakan metode OWAS yaitu pada 2 postur kerja.



Analisis Statistik terhadap Data Tingkat Risiko Postur Kerja

Berdasarkan uji normalitas, didapatkan nilai Sig. 0,001 ($p < 0,05$), sehingga dapat disimpulkan keempat kelompok data tidak terdistribusi normal. Oleh karena itu, dilakukan uji non parametrik untuk membandingkan data analisis tingkat risiko dari ketiga metode. Uji non parametrik yang dilakukan adalah uji Friedman. Hasil yang didapatkan dari perbandingan data tingkat risiko REBA (bagian tubuh sebelah kanan), OWAS dan QEC serta REBA (bagian tubuh sebelah kiri), OWAS dan QEC masing-masing memiliki nilai Sig. 0,162 dan 0,061 ($p > 0,05$). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa tidak terdapat perbedaan antara hasil analisis dengan metode REBA (bagian tubuh sebelah kanan, maupun sebelah kiri), OWAS dan QEC. Selanjutnya, dilakukan uji korelasi untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antara metode REBA, OWAS dan QEC berdasarkan analisis yang telah dilakukan. Hasil uji korelasi ditunjukkan pada tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil Uji Korelasi Data Tingkat Risiko Metode REBA, OWAS dan QEC

		REBA Kanan	REBA Kiri	OWAS	QEC
REBA Kanan	Koefisien Korelasi	1	0,573	0,633	0,416
	Sig. (2-tailed)		0,001	0,001	0,02
	N		31	31	31
REBA Kiri	Koefisien Korelasi		1	0,398	0,419
	Sig. (2-tailed)			0,027	0,019
	N			31	31
OWAS	Koefisien Korelasi			1	0,384
	Sig. (2-tailed)				0,033
	N				31
QEC	Koefisien Korelasi				1
	Sig. (2-tailed)				
	N				

Tabel di atas menunjukkan hasil uji korelasi data tingkat risiko dengan metode REBA, OWAS dan QEC. Nilai *significancy* yang didapatkan pada semua hubungan menunjukkan nilai kurang dari 0,05 ($p < 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi atau hubungan yang signifikan antara metode REBA (bagian tubuh sebelah kiri maupun sebelah kanan), OWAS dan QEC. Nilai koefisien korelasi Spearman menunjukkan arah korelasi positif dengan kekuatan korelasi cukup kuat.

Rekomendasi Perbaikan Postur Kerja

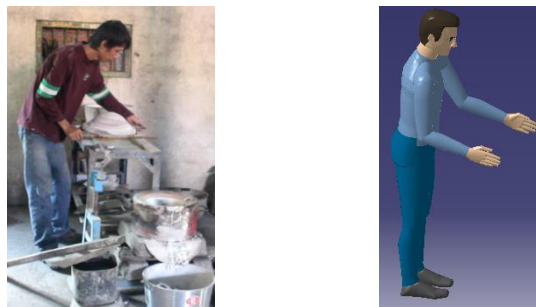
- Pada postur 5, postur 7, postur 9 dan postur 10, bagian tubuh yang berkemungkinan tinggi merasakan sakit adalah punggung, pinggang dan tangan. Hal ini dikarenakan ketika pekerja memasang, mengangkat dan meletakkan cetakan postur tubuh pekerja membungkuk sehingga meningkatkan risiko *fatigue* pada punggung dan pinggang. Selain itu, beban cetakan yang diangkat oleh pekerja sangat berat. Oleh karena itu, diperlukan adanya perbaikan postur tubuh pekerja saat melakukan aktivitas tersebut. Simulasi postur kerja dilakukan untuk mengetahui perubahan postur yang sesuai agar postur dapat menjadi lebih baik. Simulasi dilakukan



menggunakan *software* CATIA V5R20 pada postur 7 dan postur 10. Berikut ini merupakan perbandingan postur sebelum dan sesudah yang merupakan usulan perbaikan postur.



Gambar 2. Postur Pekerja dan Simulasi Usulan Postur Memiringkan Cetakan



Gambar 3. Postur Pekerja dan Simulasi Usulan Postur Meletakkan Cetakan

- b. Ketika meletakkan wajan yang sudah dikikir, wajan yang sudah dikontrol dan wajan yang sudah dibubut (postur 20, postur 23 dan postur 27), posisi tubuh terlalu membungkuk karena wajan diletakkan di lantai. Hal ini dapat menimbulkan kelelahan apabila dilakukan secara terus menerus. Menurut Cheung *et al.* (2007), langkah tepat dalam mengangkat, menurunkan, mengisi atau mengosongkan kontainer adalah dengan mengurangi *reaching* dan *bending*, mengurangi tekanan pada punggung dan bahu, serta mengurangi usaha dalam melakukan suatu *task*. Rekomendasi yang diberikan adalah dengan menyediakan meja atau tempat meletakkan wajan yang lebih tinggi dan disesuaikan dengan tinggi pekerja. Perbaikan juga dapat dilakukan dengan mengubah postur pekerja menjadi lebih baik. Selain itu, dalam mengangkat atau menurunkan benda terutama yang memiliki beban berat dapat dilakukan dengan meminta bantuan orang lain. Gambar 3 berikut menunjukkan postur mengangkat atau menurunkan benda yang baik.



Gambar 4. Postur Meletakkan Benda (a) Sebelum dan (b) Sesudah Rekomendasi

- c. Postur 18, postur 28 dan postur 30 termasuk postur yang memiliki nilai tinggi. Postur ini adalah kondisi saat pekerja mengangkat dan meletakkan wajan yang sudah dicetak maupun dibubut dengan menggunakan troli. Pada postur ini risiko *fatigue* dirasakan pada punggung, tangan dan kaki pekerja. Hal ini dikarenakan tumpukan wajan yang diangkat memiliki beban yang sangat berat sehingga pekerja harus menahan menggunakan kaki dan menghasilkan postur tidak aman. Hal ini tidak dapat dihindarkan karena rancangan troli dan keharusan proses pemindahan wajan yang dilakukan. Akan tetapi, untuk kedepannya perusahaan dapat mempertimbangkan penggunaan alat bantu untuk proses pengangkatan agar lebih memudahkan pekerja, misalnya berupa tuas.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Analisis postur kerja dilakukan pada 31 postur pekerja di WL Aluminium Yogyakarta dengan menggunakan metode REBA, OWAS dan QEC. Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat risiko paling banyak diperoleh dari metode REBA untuk bagian tubuh sebelah kanan yaitu tingkat risiko 2 dengan jumlah 24 postur.
- Uji statistik yang dilakukan menunjukkan hasil yaitu tidak ada perbedaan signifikan antara metode REBA, OWAS dan QEC dalam menganalisis postur pada pekerja di WL Aluminium. Selain itu, terdapat korelasi positif yang terjadi antara ketiga metode.
- Rekomendasi perbaikan postur kerja diberikan terhadap postur pekerja yang memiliki tingkat risiko tinggi dan sangat tinggi berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

Daftar Pustaka

- Agianta, R. N., 2012, *Analisis Postur Kerja di SP Aluminium Yogya Menggunakan Metode OWAS dan RULA*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada.
- Cheung, Z., Feletto, M., Galante, J., and Waters T, 2007, *Ergonomics Guidelines for Manual Material Handling*, California Department of Industrial Relations, California.
- Chiasson, M., Imbeau, D., Aubry, K., and Delisle, A., 2012, Comparing The Result of Eight Methods Used to Evaluate Risk Factors Associated with Musculoskeletal Disorders, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol.42, pp. 478 – 488.
- David, G., Woods, V., Li, G., and Buckle., 2008, The Development of The Quick Exposure Check (QEC) for Assessing Exposure to Risk Factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders, *Applied Ergonomics*, vol.39, pp. 57 – 69.
- Hignett, S., and McAtamney, L., 2000, Rapid Entire Body Assessment (REBA), *Applied Ergonomics*, vol.31, pp. 201 – 205.
- Ilman, A., Yuniar, and Helianty, Y., 2013, Rancangan Perbaikan Sistem Kerja dengan Metode QEC di Bengkel Sepatu X di Cibaduyut, *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, vol.1, pp. 120 – 128.



- Jones, T., and Kumar, S., 2007, Comparison of Ergonomic Risk Assessments in A Repetitive High-Risk Sawmill Occupation: Saw-Filler, *International Journal of Ergonomics*, vol.37, pp. 744 – 753.
- Karhu, O., Harkonen R., Sorvali, P., and Vepsalainen, P., 1981, Observing Working Postures in Industry: Example of OWAS Application, *Applied Ergonomics*, vol.12, pp. 13 – 17.
- Kee, D., and Karwowski, W., 2007, A Comparison of Three Observational Techniques for Assessing Postural Loads in Industry, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)*, vol.13, pp. 3 – 14.
- Li, G., and Buckle, P., 1998, A Practical Method for The Assessment of Work-Related Musculoskeletal Risks – Quick Exposure Check (QEC), *Proceedings of Human Factors and Ergonomic Society 42nd Annual Meeting*, October 5-9. Chicago.
- Mahendar, M. P., 2011, *Analisis Postur Kerja Perajin Batik dengan Metode REBA (Rapid Entire Body Assessment) dan GROW (Gradient of Occupational Health in Hospital Workers)*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada.
- Martaleo, M., 2012, Perbandingan Penilaian Risiko Ergonomi dengan Metode REBA dan QEC (Studi Kasus pada Kuli Angkut Terigu), *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS*, pp. 157 – 163.
- Motamedzade, M., and Golmohammadi, R., 2011, Comparison of Ergonomic Risk Assessment Outputs from Rapid Entire Body Assessment and Quick Exposure Check in an Engine Oil Company, *Journal of Research in Health Sciences*, vol.11, pp. 26 – 32.
- Nadri, H., Fasih, F., Nadri, F., and Nadri, A., 2013, Comparison of Ergonomic Risk Assessment Results from Quick Exposure Check and Rapid Entire Body Assessment in An Anodizing Industry of Tehran, Iran, *JOHE*, vol.2, pp. 195 – 202.
- Scott, P., Kogi, K., and McPhee, B., 2010, *Ergonomics Guideline for Occupational Health Practice in Industrially Developing Countries*, International Ergonomics Association (IEA).
- Stanton, N., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E., and Hendrick, H., 2005, *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*, CRC Press LLC, Boca Raton.
- Tarwaka, Bakri, S., Sudiajeng, L., 2004, *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*, edisi 1, Uniba Press, Surakarta.
- Wignjosoebroto, S., 2003, *Ergonomi: Studi Gerak dan Waktu*, edisi 3, Guna Widya, Surabaya.



Analisis Beban Kerja Mental dan Tingkat *Burnout* pada Perawat Menggunakan Metode NASA - *Task Load Index* dan *Maslach Burnout Inventory* - *Human Service Survey*
(Studi Kasus: Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar)

Siti Mar`atus Sholikhah, Irwan Iftadi, Rahmadiyah Dwi Astuti

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36A, Jebres, Kota Suarakarta, Jawa Tengah 57126
Telp. (0271) 6322110
E-mail: sitimaratus25@gmail.com

Intisari

*Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar merupakan rawat inap yang memberikan pelayanan pra dan pasca operasi. Beban kerja mental yang diterima perawat cukup kompleks karena berhubungan langsung dengan usaha penyelamatan nyawa pasien dan dituntut untuk memiliki keahlian, pengetahuan, serta konsentrasi tinggi dalam semua aspek keperawatan. Beban kerja tersebut ditambah dengan meningkatnya jumlah pasien dan tidak ada tambahan jumlah tenaga kerja perawat yang menyebabkan perawat menjalankan tugas ganda. Beban kerja mental yang tinggi dikhawatirkan akan mempengaruhi kinerja perawat dan stres yang dapat berujung terjadinya burnout pada perawat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis beban kerja mental dan tingkat burnout serta memberikan usulan dan perbaikan sistem kerja yang lebih baik di Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar. Metodologi dalam penelitian ini diawali dengan observasi yang terdiri dari 3 tahap yaitu wawancara stakeholder, identifikasi job description perawat, dan identifikasi alur penanganan pasien. Selanjutnya, pengukuran data beban kerja menggunakan 2 metode yaitu pengukuran beban kerja mental dengan metode NASA-TLX (*Task Load Index*) dan tingkat burnout dengan metode MBI-HSS (*Human Service Survey*). Setelah mendapatkan kategori beban kerja perawat, tahap selanjutnya adalah analisis dan usulan perbaikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban kerja mental perawat dalam kategori tinggi dengan nilai 61,38; sedangkan untuk tingkat burnout dalam kategori sedang dengan nilai 38,50. Faktor yang paling mempengaruhi beban kerja mental adalah physical demand dengan presentase 20,30%, sedangkan untuk burnout adalah emotional exhaustion dengan presentase 38,56%. Sehingga perlu diadakan usulan perbaikan manajemen rumah sakit terkait tentang beban kerja mental perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar.*

Kata Kunci: Beban Kerja Mental, Burnout, NASA-TLX, MBI-HSS, Perawat

1. Pendahuluan

Kesehatan adalah hak asasi manusia dan sekaligus merupakan investasi sumber daya manusia, serta memiliki kontribusi yang besar untuk meningkatkan indeks pembangunan manusia. Oleh karena itu, menjadi suatu keharusan bagi semua pihak untuk memelihara, meningkatkan, dan melindungi kesehatan demi kesejahteraan masyarakat (Depkes RI, 2005).

Menurut WHO (*World Health Organization*), rumah sakit adalah bagian integral dari suatu organisasi sosial dan kesehatan dengan fungsi menyediakan pelayanan paripurna (*comprehensif*),



penyembuhan penyakit (*curative*), dan pencegahan penyakit (*preventif*) kepada masyarakat serta merupakan pusat pelatihan bagi tenaga kesehatan dan pusat penelitian medik.

Menurut Anjaswarni, Tri, Keliat, & Sabri (2002), perawat merupakan sumber daya manusia rumah sakit yang berperan penting dalam memberikan pelayanan kesehatan terhadap pasien, dikarenakan tim keperawatan selama 24 jam secara terus menerus melayani pasien. Berdasarkan hasil penelitian Departemen Kesehatan dan Universitas Indonesia tahun 2005 dalam Prihatini (2008) dikatakan bahwa terdapat 78,8% perawat melaksanakan tugas kebersihan, 63,3% melakukan tugas *administrative* dan lebih dari 90% melakukan tugas non keperawatan dan hanya 50% yang melakukan asuhan keperawatan sesuai dengan fungsinya.

Bangsals Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar merupakan salah satu ruang rawat inap yang melayani pra dan pasca operasi. *Jobdesk* perawat Bangsals Bedah Kanthil 1 meliputi *injeksi*, mengganti infus pasien, merawat luka pasien, menyiapkan kebutuhan pra operasi, melayani administrasi pasien, mengantar hasil *rontgen* pasien, mengantar pasien ke ruang operasi, mengambil obat pasien, mengganti sprei kasur pasien, dan lain sebagainya.

Jumlah perawat tetap Bangsals Bedah Kanthil 1 sebanyak 16 perawat. Pembagian jumlah perawat jaga berdasarkan *shift* kerja yaitu *shift* kerja pagi sebanyak 3 - 7 perawat sesuai jadwal, *shift* kerja siang dan *shift* kerja malam masing-masing sebanyak 3 perawat. Pasien di Bangsals Bedah Kanthil 1 mengalami peningkatan selama 3 tahun terakhir, yaitu pada tahun 2014 sebanyak 1.096 pasien, tahun 2015 sebanyak 2.009 pasien, dan tahun 2016 sebanyak 2.230 pasien. Rata-rata jumlah pasien yang harus dirawat sebanyak 14 pasien/hari. Perbandingan antara perawat jaga dengan pasien adalah 1 : 5, artinya satu perawat minimal menangani sebanyak 5 pasien. Hal ini tidak sesuai dengan standar Permenkes RI No.262/Menkes/Per/VII/1979 yang menyatakan bahwa untuk rumah sakit tipe C, rasio tempat tidur terhadap tenaga kerja yaitu 1:1, artinya satu tempat tidur dilayani oleh satu perawat.

Berdasarkan hasil wawancara, *shift* kerja pagi dan *shift* kerja malam memiliki beban kerja yang tinggi. Tugas utama perawat *shift* kerja pagi yaitu menyiapkan keperluan pasien untuk operasi, sedangkan *shift* kerja malam memiliki waktu kerja yang lebih lama yaitu 11,5 jam kerja. Menurut Depkes RI (2009), didapatkan 30-40% masyarakat pekerja pemberi jasa layanan kesehatan yang bersifat teknis dan beroperasi selama 8-24 jam sehari mengalami kelelahan. Hal ini dikarenakan adanya pola kerja bergilir. Berdasarkan penelitian Juniar, Iftadi, dan Astuti (2017) didapatkan hasil bahwa *shift* kerja pagi dan *shift* kerja malam memiliki tingkat kelelahan yang tinggi yaitu sebesar 23% untuk *shift* kerja pagi, 21,65% untuk *shift* kerja malam, dan untuk *shift* kerja siang yaitu 20,75%.

Empat dari lima perawat yang dijadikan narasumber menyatakan bahwa beban kerja mental lebih berat dibandingkan dengan beban kerja fisik. Keluhan mental antara lain tekanan konflik antar partner kerja, kompleksitas pekerjaan (mempersiapkan mental dan rohani pasien serta keluarga), tanggung jawab dalam pendokumentasian secara terperinci dan detail, tanggung jawab terhadap kesembuhan pasien, harus menjalin komunikasi yang baik dengan pasien dan keluarga, tanggap dan sigap terutama dalam keadaan darurat, lingkungan kerja yang memungkinkan terkena virus atau bakteri dari penyakit pasien, serta waktu istirahat yang fleksibel. Menurut Prihatini (2008), beban kerja mental perawat di ruangan bedah yaitu mereka dituntut untuk melaksanakan administrasi dan mencatat perkembangan pasien yang dirawat, mereka juga menghadapi rintihan pasien setelah sadar dari pengaruh obat bius setelah operasi. Menurut Iridiastadi dan Yassierli (2014), kerja mental yang tidak dirancang dengan baik dapat menyebabkan sejumlah efek buruk yang berdampak pada turunnya kinerja, yang dapat sekadar berupa bertambahnya waktu untuk mengerjakan suatu aktivitas, sampai dengan kegagalan suatu sistem yang bersifat fatal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian dilakukan untuk mengetahui beban kerja mental dan tingkat *burnout* perawat Bangsals Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar, sehingga dapat memberikan perbaikan sistem kerja untuk mengurangi beban kerja mental dan tingkat *burnout* yang dialami oleh perawat. Pengambilan data dan objek penelitian dilakukan pada perawat Bangsals Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar. Sedangkan untuk pengolahan



data dilakukan dengan pengukuran beban kerja mental menggunakan metode NASA-TLX (*Task Load Index*) dan pengukuran tingkat *burnout* menggunakan metode MBI-HSS (*Maslach Burnout Inventory – Human Service Survey*).

2. Metodologi

Penelitian dilakukan di Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar, salah satu rawat inap yang melayani pra dan pasca operasi meliputi bedah umum, mata, THT, *orthopedic*, dan kulit kelamin. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan jenis penelitian deskriptif yaitu suatu penelitian yang bertujuan untuk membuat gambaran atau deskripsi tentang keadaan secara objektif dengan menggunakan metode NASA-TLX dan MBI-HSS. Data yang dikumpulkan berupa data hasil observasi secara langsung, kuesioner beban kerja mental berdasarkan 6 indikator NASA-TLX dan kuesioner *burnout* berdasarkan 3 dimensi MBI-HSS.

Objek dalam penelitian ini adalah 13 orang perawat yang bekerja pada Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

2.1 Observasi

Observasi merupakan tahap untuk mengetahui keadaan dan proses sebenarnya yang terjadi di tempat penelitian dengan cara melihat kondisi tempat penelitian secara langsung. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui keadaan di rumah sakit yang memiliki beban kerja mental cukup tinggi. Observasi dilakukan dengan 3 langkah, yaitu wawancara dengan *stakeholder*, identifikasi *job description*, dan identifikasi alur penanganan pasien di Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar.

2.2 Pengukuran Data Beban Kerja

Pengukuran data beban kerja dilakukan dengan dua metode, yaitu pengukuran beban kerja mental menggunakan NASA-TLX dan pengukuran tingkat *burnout* perawat menggunakan kuesioner MBI-HSS. Pengukuran beban kerja mental dan tingkat *burnout* dilakukan dengan membuat kuisisioner dan menyebarkan kuisisioner kepada seluruh perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Karanganyar.

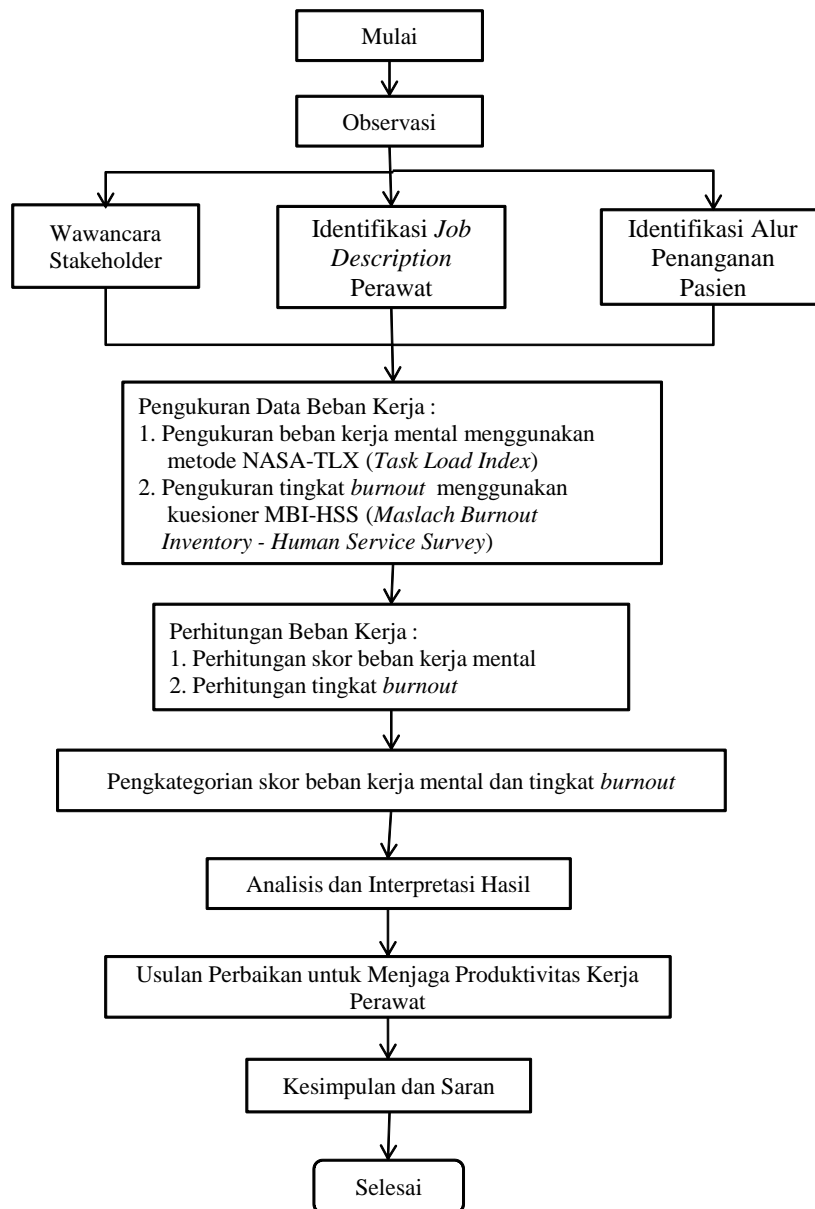
2.3 Perhitungan Beban Kerja

Perhitungan beban kerja perawat dilakukan dengan menggunakan perhitungan rata-rata skor beban kerja mental dan perhitungan skala *burnout* masing-masing perawat. Perhitungan rata-rata skor beban kerja mental masing-masing perawat dilakukan dengan tiga tahap, pertama menghitung pembobotan (*paired comparison*), kedua pemberian *rating* atau skala (*event scoring*), dan yang ketiga perhitungan *weighted workload* (WWL). Kuesioner *Maslach Burnout Inventory – Human Service Survey* (MBI-HSS) tersebut akan membantu perawat untuk mengetahui perasaan dan kondisi kerja yang selama ini dialami. Kuesioner tersebut disebarkan kepada seluruh responden atau perawat yang bertugas di Bangsal Bedah Kanthil 1 dengan meminta mereka untuk memilih jawaban yang mereka rasakan dengan skala 0 - 6.

2.4 Pengkategorian Skor Beban Kerja Mental dan Tingkat *Burnout* Perawat

Pengkategorian beban kerja mental dan tingkat *burnout* masing-masing perawat dilakukan setelah diketahui hasil dari skor beban kerja mental dan *burnout* masing-masing perawat. Skor beban kerja mental perawat dihitung untuk digunakan dalam pengklasifikasian beban kerja mental yang dirasakan perawat bangsal bedah berdasarkan tinggi rendahnya beban yang diterima. Sedangkan pengkategorian tingkat *burnout* pada masing-masing perawat dilakukan dengan melihat hasil dari total jawaban kuisisioner yang telah disamakan levelnya dengan item *favorabel* dan *non favorabel*.





Gambar 1. Flowchart Metodologi Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini merupakan hasil dan pembahasan dari penelitian beban kerja yang dialami oleh perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar.

3.1. Pengukuran Beban Kerja Mental

Perhitungan rata-rata skor beban kerja mental masing-masing perawat dilakukan dengan tiga tahap, yaitu tahap pembobotan (*paired comparison*), tahap pemberian *rating* atau skala (*event scoring*), dan tahap perhitungan *weighted workload* (WWL). Nilai *weighted workload* (WWL) merupakan perkalian antara bobot dan *rating* atau skala dari masing-masing indikator. Rekapitulasi hasil dari tahap perhitungan nilai *weighted workload* (WWL) seluruh perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar dapat dilihat pada Tabel 1. Dari hasil pengukuran beban kerja mental untuk seluruh responden sebanyak 13 perawat tetap Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar di dapatkan total *weighted workload* (WWL) sebesar 798,00 dengan nilai rata-rata *weighted workload* (WWL) yaitu sebesar 61,38 yang masuk dalam kategori tinggi.

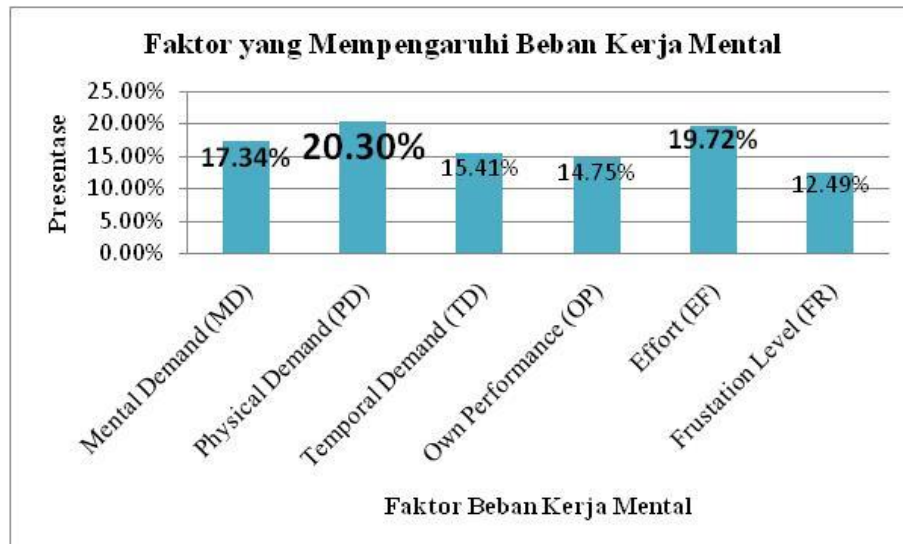


Tabel 1. Rekapitulasi Nilai Beban Kerja Mental Perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar

Perawat / Kategori		Indikator Beban Kerja Mental						Jumlah	WWL
		Mental Demand (MD)	Physical Demand (PD)	Temporal Demand (TD)	Own Performance (OP)	Effort (EF)	Frustration Level (FR)		
1	Rating	65	65	65	65	65	65		65,00
	Bobot	1	2	2	3	5	2	15	
	Nilai	65	130	130	195	325	130	975	
2	Rating	50	70	60	80	70	40		61,33
	Bobot	4	2	2	3	2	2	15	
	Nilai	200	140	120	240	140	80	920	
3	Rating	95	75	75	50	50	80		64,67
	Bobot	1	4	3	2	5	0	15	
	Nilai	95	300	225	100	250	0	970	
4	Rating	95	80	50	20	50	65		63,00
	Bobot	3	4	1	3	2	2	15	
	Nilai	285	320	50	60	100	130	945	
5	Rating	50	60	50	50	50	30		48,67
	Bobot	3	2	4	2	2	2	15	
	Nilai	150	120	200	100	100	60	730	
6	Rating	25	50	40	50	65	45		47,33
	Bobot	2	2	2	3	3	3	15	
	Nilai	50	100	80	150	195	135	710	
7	Rating	90	50	50	45	60	70		62,00
	Bobot	3	3	2	2	3	2	15	
	Nilai	270	150	100	90	180	140	930	
8	Rating	50	65	60	80	80	50		68,00
	Bobot	2	4	3	1	5	0	15	
	Nilai	100	260	180	80	400	0	1020	
9	Rating	75	90	80	80	95	35		80,00
	Bobot	3	3	3	3	2	1	15	
	Nilai	225	270	240	240	190	35	1200	
10	Rating	90	70	50	50	60	50		63,33
	Bobot	2	5	2	3	2	1	15	
	Nilai	180	350	100	150	120	50	950	
11	Rating	50	50	30	70	50	50		48,67
	Bobot	2	2	3	2	2	4	15	
	Nilai	100	100	90	140	100	200	730	
12	Rating	65	70	70	75	70	70		69,67
	Bobot	3	1	3	2	3	3	15	
	Nilai	195	70	210	150	210	210	1045	
13	Rating	80	60	40	70	25	65		56,33
	Bobot	2	2	3	1	2	5	15	
	Nilai	160	120	120	70	50	325	845	
Total WWL									798,00
Rata-rata WWL									61,38

Sedangkan untuk skor total beban kerja mental per faktor dapat dilihat pada Gambar 2 yang menunjukkan bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap beban kerja mental perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar menggunakan metode NASA-TLX (*Task Load Index*) adalah faktor *Physical Demand* (PD) dengan presentase sebesar 20,30%, faktor yang kedua yaitu faktor *Effort* (EF) dengan presentase sebesar 19,72%, dan faktor yang ketiga adalah faktor *Mental Demand* (MD) dengan presentase sebesar 17,34%





Gambar 2. Diagram Batang Hasil Pengukuran Beban Kerja Mental Perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar per Faktor

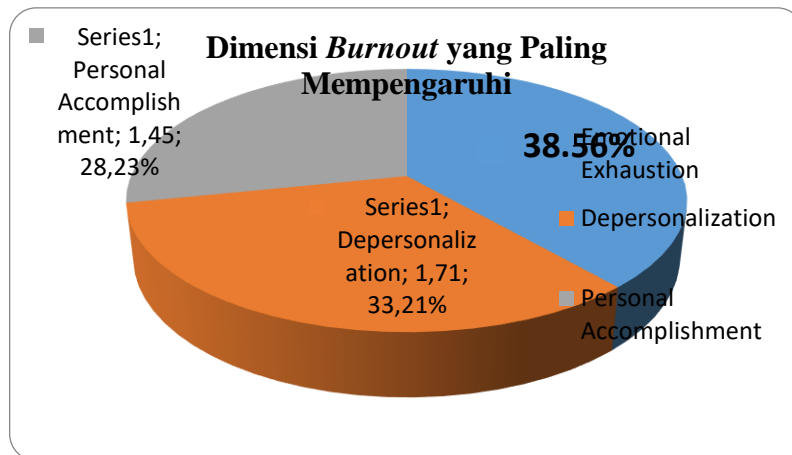
3.2 Pengukuran Tingkat *Burnout*

Hasil dari rekapitulasi data perhitungan *burnout* menggunakan kuesioner *Maslach Burnout Inventory - Human Service Survey* (MBI-HSS) dapat dilihat pada Tabel 2. Dari hasil perhitungan *burnout* diketahui bahwa nilai total *burnout* seluruh responden perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar sebanyak 13 perawat yaitu sebesar 494,00, sedangkan untuk rata-rata tingkat *burnout* sebesar 38,00 yang masuk dalam kategori sedang. Sedangkan untuk rata-rata *burnout* per dimensi dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa dimensi yang paling mempengaruhi *burnout* perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar adalah dimensi *Emotional Exhaustion* (EE) dengan presentase nilai dari 13 responden yaitu sebesar 38,56%.

Tabel 2. Rekapitulasi *Burnout* Perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar

Responden Ke-	Butir Pernyataan per Dimensi																						Jumlah
	Emotional Exhaustion								Depersonalization						Personal Accomplishment								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	4	6	3	4	0	0	4	0	6	5	0	0	0	0	0	2	2	0	1	1	1	0	39
2	1	3	1	6	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	20
3	6	6	4	1	0	0	5	0	6	0	1	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	36
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	2	0	0	0	6	20
5	2	6	1	6	3	1	1	0	6	0	1	0	1	5	0	1	1	0	1	0	2	0	38
6	1	2	3	2	4	3	2	0	3	1	6	5	1	5	2	3	1	2	6	5	4	3	64
7	1	2	3	2	4	3	2	0	3	1	6	5	1	5	2	3	1	2	6	5	4	3	64
8	1	6	2	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	20
9	5	6	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	5	25
10	0	5	0	0	0	6	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	6	0	41
11	2	4	1	1	5	6	1	0	5	5	6	1	4	5	1	0	5	5	5	0	0	1	63
12	0	0	0	0	4	2	4	0	2	0	6	2	0	3	0	0	0	0	1	0	0	4	28
13	0	0	0	0	0	6	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	6	0	36
																			Total Burnout				494
																			Rata-rata Burnout				38

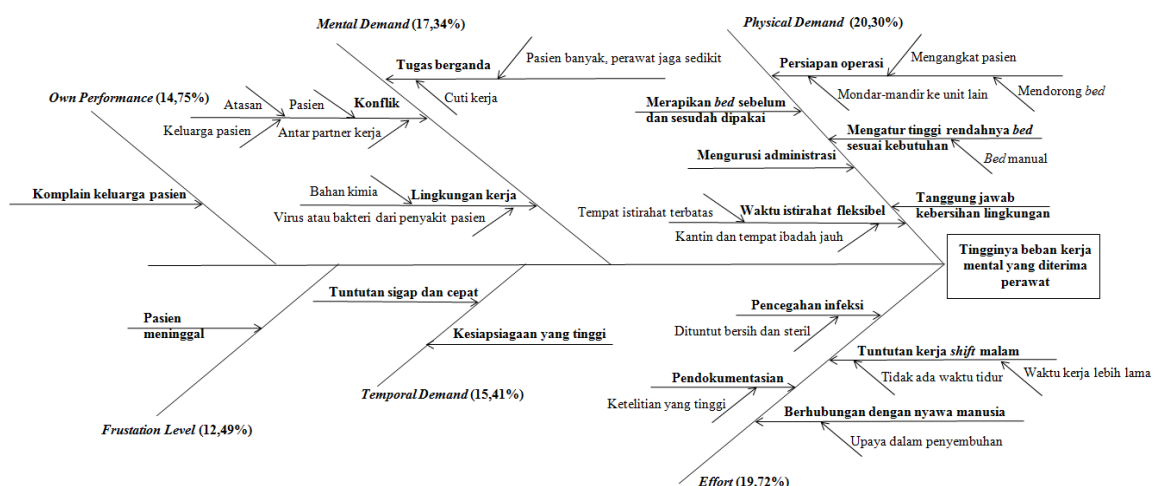




Gambar 3. Pie Chart Hasil Pengukuran *Burnout* Perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar per Dimensi

2.1 Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil pengukuran beban kerja mental menggunakan metode NASA-TLX (*Task Load Index*) dapat diketahui faktor yang paling mempengaruhi tingginya beban kerja mental dari ke 6 indikator. Faktor yang mempengaruhi tingginya beban kerja mental perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram *Fishbone* Faktor yang Mempengaruhi Tingginya Beban Kerja Mental

Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa ketiga faktor yang paling mempengaruhi tingginya beban kerja mental adalah faktor *Physical Demand*, *Effort*, dan *Mental Demand*. Maka dari itu, perbaikan yang diusulkan yaitu fokus terhadap ketiga faktor yang paling mempengaruhi tersebut. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir beban kerja mental perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar sebagai berikut:

1. Faktor *Physical Demand*

- Menambah petugas administrasi yang secara khusus mengurus administrasi pasien di Bangsal Bedah Kanthil 1, sehingga perawat bisa fokus dalam melaksanakan tugasnya sebagai perawat.
- Di ruang istirahat disediakan bangku panjang yang bisa diduduki sebanyak 4-5 orang, akan tetapi pada kenyataannya bangku tersebut justru digunakan untuk menaruh barang-barang perawat jaga dan mahasiswa praktek seperti tas, laptop, dan map. Hal ini tidak sesuai dengan fungsinya sebagai tempat duduk untuk istirahat. Pengadaan loker barang untuk perawat agar bangku panjang di ruang istirahat dapat digunakan sebagaimana mestinya. Dengan adanya

loker barang perawat tersebut, diharapkan barang-barang perawat dapat dimasukkan kedalam loker dan ditata rapi sehingga perawat dapat memanfaatkan waktu istirahat yang fleksibel untuk duduk di bangku panjang yang telah disediakan pihak rumah sakit.

- c. Salah satu ciri bahwa suasana kerja baik yaitu area kerja bersih. Bekerja ditempat yang berantakan akan mempengaruhi produktivitas dan menyebabkan pikiran menjadi negatif. Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk menciptakan lingkungan kerja yang baik adalah dengan penerapan metode 5R. Dengan adanya penerapan budaya 5R ini diharapkan dapat memudahkan perawat dalam pencarian dan penataan data-data penting pasien serta menciptakan lingkungan kerja yang bersih guna untuk meningkatkan motivasi kerja perawat.
- d. Tuntutan tugas mendorong *bed* dan mengangkat pasien untuk persiapan operasi menyebabkan tingginya beban kerja mental yang mereka alami. Kegiatan mendorong dan mengangkat pasien ini membutuhkan aktivitas fisik yang cukup berat, sehingga peran perawat laki-laki sangat dibutuhkan dalam tugas ini. Seluruh kegiatan operasi dilaksanakan pada *shift* kerja pagi. Maka dari itu, usulan yang dapat diterapkan untuk mengurangi tingkat beban kerja mental yang disebabkan karena aktivitas fisik yaitu pengadaan ketersediaan perawat laki-laki setiap *shift* kerja pagi.

2. Faktor *Effort*

- a. Dalam pelayanan merawat pasien dibutuhkan motivasi yang tinggi agar perawat mempunyai pikiran positif dan bersemangat dalam penyembuhan pasien. Pikiran positif dan perasaan yang bahagia inilah yang dapat mengurangi beban mental perawat dalam melaksanakan tugasnya. Maka dari itu usulan yang dapat diterapkan yaitu pengadaan *training* motivasi perawat dan diharapkan dengan adanya *training* ini, perawat memahami pentingnya motivasi guna untuk meminimalisir beban kerja yang dialami terutama dalam hal tuntutan penyembuhan nyawa seseorang.
- b. Pendokumentasian yang ada di Bangsal Bedah Kanthil 1 saat ini adalah secara manual ditulis dengan tangan. Hal ini membuat perawat dituntut untuk selalu teliti, cermat, dan fokus. Jika ada kesalahan dalam pendokumentasian maka urusannya bisa sampai atasan, sehingga hal ini menambah beban mental perawat. Untuk menghindari kesalahan dalam melakukan pendokumentasian data pasien, usulan yang dapat diterapkan yaitu optimisasi sistem komputerisasi yang sudah ada untuk digunakan dalam hal pendokumentasian data pasien.

3. Faktor *Mental Demand*

- a. Salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu adanya konflik atau masalah baik konflik pribadi, konflik antar rekan kerja, atau masalah lainnya yang menjadi tekanan mental perawat sehingga dalam bekerja tidak bisa fokus menjalankan tugasnya. Maka dari itu, usulan perbaikan yang dapat diterapkan di Bangsal Bedah Kanthil yaitu mengadakan *morning briefing* secara rutin setiap pagi sebelum melakukan aktivitas bekerja selama kurang lebih 5 – 10 menit yang di pimpin oleh seluruh perawat secara bergantian. Perawat terpacu untuk menjadi lebih baik dari hari ke hari, arahan serta motivasi harus terus dipompa oleh kepala ruangan. Akhirnya ritual pagi ini berkembang dari kegiatan doa pagi, kemudian ajang curahan hati, berbagi pengetahuan, dan sebagai evaluasi kinerja.
- b. Usulan yang sangat mudah dilakukan oleh perawat untuk mengurangi beban kerja mental yaitu melakukan terapi musik saat istirahat. Terapi musik adalah sebuah terapi kesehatan yang menggunakan musik untuk meningkatkan dan memperbaiki kondisi fisik, kognitif dan sosial bagi individu dalam berbagai usia. Belum ada rekomendasi mengenai durasi yang optimal dalam pemberian terapi musik. Seringkali durasi yang diberikan dalam pemberian terapi musik adalah selama 20-35 menit.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:



- a. Hasil NASA-TLX menunjukkan bahwa beban mental yang dialami oleh perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar memiliki rentang kategori sedang sampai tinggi. Perawat dengan beban kerja mental sedang sebanyak 3 perawat. Sedangkan perawat dengan kategori tinggi sebanyak 10 perawat. Rata-rata beban kerja mental seluruh perawat yaitu sebesar 61,38 dan masuk dalam kategori tinggi.
- b. Hasil pengukuran kondisi *burnout* yang dilakukan dengan menggunakan kuisioner *Maslach Burnout Inventory – Human Service Survey* menunjukkan bahwa rata-rata *burnout* yang dialami oleh perawat Bangsal Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar masuk pada kategori sedang, dengan nilai rata-rata *burnout* seluruh perawat adalah sebesar 38,00.
- c. Berdasarkan diagram *fishbone* didapatkan hasil bahwa faktor mempengaruhi beban kerja mental adalah faktor *Physical Demand* dengan presentase 20,30%; faktor yang kedua yaitu faktor *Effort* dengan presentase 19,72%; faktor yang ketiga yaitu faktor *Mental Demand* dengan presentase 17,34%; faktor yang keempat yaitu faktor *Temporal Demand* dengan presentase 15,41%; faktor yang kelima yaitu faktor *Frustration Level* dengan presentase 12,49%; dan faktor yang keenam yaitu faktor *Own Performance* dengan presentase 14,75%.
- d. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir beban kerja mental perawat Bangsa Bedah Kanthil 1 RSUD Kabupaten Karanganyar yaitu menambah petugas administrasi, pengadaan loker barang perawat, menerapkan metode 5R, pengadaan ketersediaan perawat laki-laki setiap *shift* pagi, pengadaan *training motivasi*, pengadaan sistem pendokumentasian komputerisasi, pengadaan *morning briefing*, dan pengadaan terapi musik.

Daftar Pustaka

- Anjaswarni, Tri, Budi Anna Keliat, & Luknis Sabri. (2002). Analisis Tingkat Kepuasan Klien terhadap Perilaku Caring Perawat di Rumah Sakit Umum Daerah Dr Syaiful Anwar Malang. *Jurnal Keperawatan Indonesia*. Vol. 6. No. 2, Hal 41 – 49
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (2005). *Rencana Strategi Departemen Kesehatan*. Jakarta: Depkes RI
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (2009). *Rencana Strategi Departemen Kesehatan*. Jakarta: Depkes RI
- Handini, E., & Sri, G.P. (2013). *Perbaikan Sistem Kerja untuk Meningkatkan Produktivitas dan Mengurangi Burnout pada Perawat UGD (Studi Kasus: UGD RSU Haji Surabaya)*. Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri ITS. Surabaya
- Hidayat, T.F., Pujangkoro, S., & Anizar. (2013). Pengukuran Beban Kerja Perawat Menggunakan Metode NASA-TLX di Rumah Sakit XYZ. *Jurnal Teknik Industri*. Vol. 2, No. 1, Hal 42-47
- Iftadi, I., Astuti, R. D., & Rosita, M. (2016). Using NASA Task Load Index And Maslach Burnout Inventory For Evaluating The Subjective Mental And Physical Workload Of Nurse Central Surgical Installation Hospitals Karanganyar. *2nd International Conference of Industrial, Mechanical, Electrical, Chemical Engineering*. Hal 127-131
- Iriadiastadi, H., & Yassierli. (2014). *Ergonomi Suatu Pengantar*. Bandung : PT Remaja Rosdakarya
- Juniar, H.H., Astuti, R.D., & Iftadi, I. (2017). Analisis Sistem Kerja Shift Terhadap Tingkat Kelelahan Dan Pengukuran Beban Kerja Fisik Perawat RSUD Karanganyar. *Performa*. Vol. 16, No. 1, Hal 44-53
- Prihatini, L.D. (2007). *Analisis Hubungan Beban Kerja dengan Stress Kerja Perawat di Tiap Ruang Rawat Inap RSUD Sidikalang*. Tesis Magister S-2, Jurusan Kesehatan, Fakultas Ilmu Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara, Medan.



Application of the Occupational Repetitive Actions (OCRA) Index to Assess Ergonomic Risks of Corn Seed Production Workers

Syamsul Anwar¹, Angellina Putri²

¹Agroindustrial Logistic Management Departement, Polytechnic of ATI Padang

²Alumni of Agroindustrial Engineering Departement, Polytechnic of ATI Padang,
Jalan Adinegoro, Bungo Pasang, Koto Tengah, Padang 25586, West Sumatera, Indonesia
Phone. 07517055053

Email: ¹syamsul-a@kemenperin.go.id

Abstract

Most of the work activities on the corn seed production are manually done with simple tools or equipment and relied on worker's physical capability. These jobs are repetitive and done in long time duration. These job demands could cause workers face risks on their musculoskeletal. This study aimed to identify symptoms of musculoskeletal disorders among workers as doing repetitive works and to assess their risk level. This study analyzed four different jobs namely; shoveling of corn cobs, threshing of corn kernels, cleaning and packaging of the corn kernel. The first, musculoskeletal disorders symptoms among workers are identified using the Standard Nordic Questionnaires (SNQ). The second, risk assessment is conducted using the Occupational Repetitive Action (OCRA) index. The results of the study shown that most of the workers felt discomfort at the lower neck, shoulder, upper and lower arms, elbow, wrist, and hand. The risk assessment results indicated that most of the jobs are at medium risk level. By simulation, the exposure index could be decreased by improving the driver factors; force, posture, and recovery factor. The future works can be focused on improvements of work method or system.

Key words: Repetitive work, risk exposure, corn seed production workers, OCRA

1. Introduction

The work-related musculoskeletal disorder (WMSDs) is one of the greatest occupational health topics today (Colantoni et al. 2012). Handling of low loads at high frequency (repetitive work) may cause pain and fatigue, which may lead to musculoskeletal disorders, reduced productivity, and deteriorated posture and movement coordination (Madia et al. 2006). From preliminary observation to a corn seed plant, most of the work activities are manual with simple tools or equipment that relied on worker's physical capability. The work activities of corn seed production include; handling of incoming raw material (corn), drying, sorting, corn threshing, moisture reduction, cleaning, filtering, sorting, sample testing, fumigation, treatment, brought back to box dryer, wrapping, labeling, and packaging. Some of these jobs are repetitively done by workers in long time duration. In many ergonomic literatures mentioned that the excessive job demands or over workload condition can cause workers face risks on their musculoskeletal.

Up to now, there are numerous ergonomic risk assessment methods that developed by ergonomists. However, not all these method are suit for certain works. Jones and Kumar (2010) conducted a comparison study of ergonomics assessment methods where repetitive is the most heavily weighted in the Occupational Repetitive Action (OCRA) index method. The OCRA is developed by two Italian researchers; Occhipinti and Colombini. It is a quantitative method for assessing ergonomic risk in the tasks that are repetitive by focusing on the risks to the upper limb which starts from the upper arm, lower arm, and wrist (Occhipinti, 1998). OCRA index is a detailed analytical and reliable method that can be predictive of upper-extremity injury risks in exposed worker populations (Occhipinti and Colombini, 2004).



There were previous studies using the OCRA method to assessed risk of the repetitive jobs. Some applications in the industry sector, for instances, Najarkola (2006) in ironwork industry, Madia et al. (2006) in textile industry, Habibi et al. (2012) assessed physical risks of artisans. In the agriculture sector, for instances Colantoni et al. (2012) in vegetable grafting and Ruddy et al. (2012) in sugarcane harvesting. The OCRA's level risk is also proven in line with results of risk assessment by other observational methods. Roman-Liu et al. (2013) indicated that value of OCRA and ULRA can produce similar assessment of upper limb load. Joseph et al. (2011) proved a positive association between QEC and OCRA results. This study aimed to identify symptoms of musculoskeletal disorders among corn seed production workers as doing repetitive works and to assess their risk level.

The remainder of this paper is organized as follows. Section 2 provides the methodology for this study. Section 3 presents the results and discussions. Finally, Section 4 provides conclusions, limitations, and future works to be done.

2. Methodology

The data collection is conducted by direct observation to workers activities on the production floor of a corn seed factory. The instruments that used in observation (measurement) are stopwatch, camera, and forms (data sheets). We did some interviews to workers and their supervisors. The Standard Nordic Questionnaire (SNQ) of Kuorinka et al. (1987) is used to identify work-related disorders symptoms among workers. It is used as a preliminary step before deciding to conduct ergonomic assessments as in Habibi et al. (2015) and Anwar et al. (2015). The Occupational Repetitive Action (OCRA) index method is used to rate risk level. The OCRA procedure follows Occhipinti (1998) through the filling of data sheets as below:

- Data sheet 1: description of a repetitive job that it contains data on the duration of working time and rest periods.
- Data sheet 2: description of the technical actions and calculation of action frequency. It presents the task element, the number of actions, cycle times, number of cycles per minute, number of actions per minute, intensity of physical effort, and rest duration. The physical effort is estimated with Borg scale and converted into multiplier factor. See Table 1 below.

Table 1. Multiplier for force (F_f)

Borg scale	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Multiplier factor	1	0,85	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,2	0,1	0,01

- Data sheet 3: Analysis of left upper limb postures as a function of time by providing assessment scores of left and right upper body; shoulder positions and movements, elbow movements, wrist positions and movements, type of grid and finger movements. These postures are rated with multiplier factor that follow Table 2 below.

Table 2. The Multiplier for posture (F_p)

Postural involvement index score	0 - 3	4 - 7	8 - 11	12 - 15	16
Multiplier factor	1	0,70	0,60	0,50	0,30

- Data sheet 4: Summary of data for calculating index of exposure to repetitive movements of the upper limbs. Calculating number of Actual Technical Action (A_e)
 A_e = total number of technical actions performed within task I during the shift added to the total number of technical actions performed within task II.



- e. Data sheet 5: Calculating index of exposure (*IE*). Data sheet 5A for right upper limb and data sheet 5B for left upper limb.

Before this step, we must determine multiplier for recovery periods. See Table 3 below.

Table 3. The Multiplier for recovery periods (F_r)

No. of hours without adequate recovery	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Multiplier factor	1	0,9 0	0,8 0	0,7 0	0,6 0	0,4 5	0,2 5	0,1 0	0

Then calculate number of Recommended Technical Action (A_r) using formula:

$$A_r = \sum_{i=1}^n [CF \times (F_f \times F_p \times F_a) \times D] \times F_r$$

Where (1, n) is task(s) featuring repetitive movements of the upper limbs performed during the shift, CF is frequency constant of technical actions per minute, used as a reference. F_f ; F_p ; F_a are multiplier factors, with scores ranging between 0 and 1, selected according to the behaviour of the force (F_f), posture (F_p), additional elements (F_a) risk factors, in each of the (n) tasks. D is duration of each repetitive task in minutes. F_r is multiplier factor, with scores ranging between 0 and 1, selected according to the behaviour of the lack of recovery period risk factor, during the entire shift. See Table 4 below.

Table 4. The Multiplier for recovery periods (F_r)

Additional item index score	0	4	8	12
Multiplier factor	1	0,95	0,90	0,80

Index of exposure (*IE*) or OCRA index is calculated from ratio of the number of technical actions to the number of recommended technical actions as follows.

$$IE = \frac{\text{Total number of technical actions actually performed during the shift}}{\text{total number of recommended technical actions during the shift}},$$

or simplified as: $IE = \frac{A_e}{A_r}$

The classification of risk levels based on OCRA index follow Occhipinti and Colombini (2004). Index values ≤ 1.5 indicate full acceptability of the condition or risk absent. Index values between 1.6 and 2.2 mean not relevant risk or the exposure is still not great enough. Index values between 2.3 and 3.5 mean very low risk or the exposure is not severe. Index values ≥ 3.6 mean medium risk up to 9.0. Index values ≥ 9.1 mean high risk or significant exposure level where the work conditions have to be improved.

3. Results and Discussions

There are four types of work (job) to be evaluated based on considerations of their repetition duration and work duration. The picture and description of these jobs can be shown in Figure 1 below.



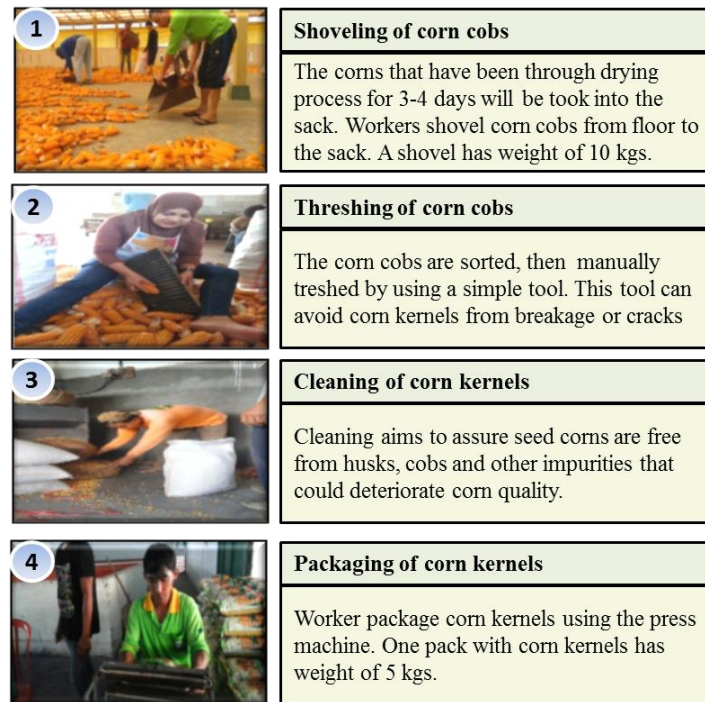


Figure 1. The observed repetitive work

First, a quick survey was conducted to workers on each type of work. This is to know discomforts or pains that they felt as a direct result of their work. We used the Standardized Nordic Questionnaires (SNQ) as can be seen in Figure 2 below. The numeric values show the number of worker who felt the discomfort or pains on the part of their body.

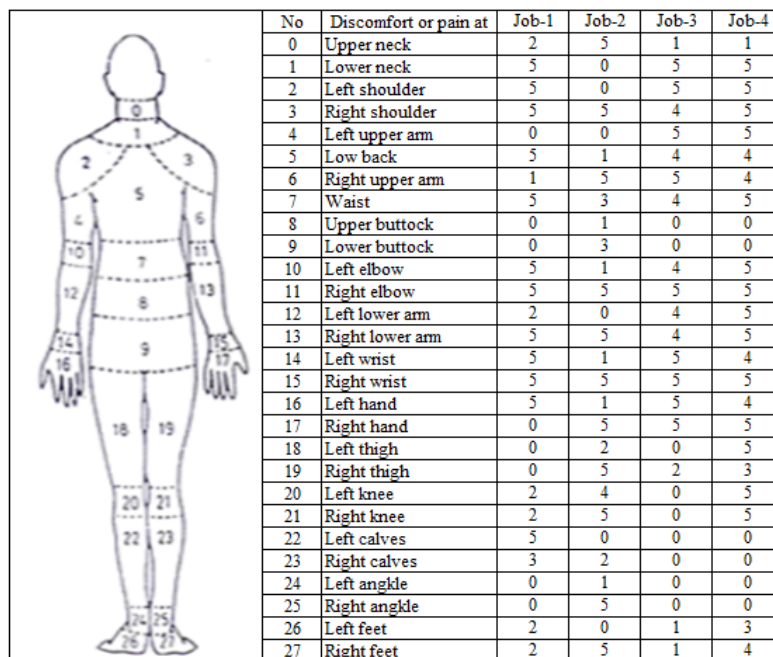


Figure 2. Distribution of discomfort based on the SNQ

In general, the workers claimed discomforts on their lower neck, shoulder, upper and lower arms, elbow, wrist, and hand. Therefore, further evaluation is needed to assess the risk level of these jobs by using the Occupational Repetitive Action (OCRA) index method.

For example here is the first job (shoveling of corn cobs). In Data Sheet 1, we recorded the work started at 08:00 am and ended at 05:00 pm (540 minutes). The lunch break is 60 minutes, two short coffee breaks (one in the morning and one in the afternoon) about 30 minutes. The workers stop their work for a while along the shift, and we estimated for these unscheduled breaks about 22 minutes. There is a non-repetitive work about 28 minutes. So, the net duration time of repetitive work is 370 minutes. In Data Sheet 2, we observed that the job consists of one task with four actions per cycle (left and right hand). The work cycle duration about 10 seconds, so there are 24 actions per minute. Information of Data Sheet 2 is presented in Figure 3 below.

Task name: Shoveling of corn cobs		Operator : Herianto	
		Left	Right
Task A :			
1. Direct shovel		1	1
2. Shovel corn cobs		1	1
3. Lift shovel (filled by corn cobs)		1	1
4. Pour corn cobs into the sack		1	1
Total		4	4
No. of pieces/ shift		Task A	
Observed cycle duration		2520	
No. of actions/cycle:		10 s	
		4 actions/cycle	
		4 actions/cycle	
Action frequency in cycle		Estimated physical effort (Borg Scale)	
No of actions/minute:		Mean weighted score: Task A	
		Left 2.5	
Task A		Right 3	

Figure 3. Data Sheet 2

Data Sheet 3 (Analysis of upper limb postures as a function of time). Due to the limited space of this paper, we did not present the description. But, we has summarized the results of uppler limb postures scoring as can be shown in Table 5 below.

Table 5. Postural index

Item	Postural involvement index score	Multiplier factor
Shoulder positions and movements	16	0,33
Elbow movements	16	0,33
Wrist positions and movements	16	0,33
Type of grid and finger movements	16	0,33

Then, information of Data Sheet 4 is presented in Figure 4 below.



Department : Producton, Station : Drying		Duration of work shift : 540 min	
Characterization of breaks during shift			
• Duration of meal break (min): 1 x 60		60	
• Other breaks (min): 2 x 30		60	
• Total duration of other breaks (min)		22	
Characterization of working time with and without adequate recovery period			
• Minutes spent with previous adequate recovery periods		310	
• Minutes spent without previous adequate recovery periods		60	
• Total		370	
Characterization of non-repetitive tasks performed during shift			
• Duration of task X (min)		28	
• Duration of other tasks (min)		0	
• Total no. of minutes of non-repetitive tasks		28	
Characterization of repetitive tasks performed during shift			
		Left	Right
		Task	Task
• Duration of task in shift (min)		370	370
• Duration of task in shift (min)		10	10
• Action frequency (no. of actions/min)		24	24
• Total actions in task (A_e)		8,880	8,880

Figure 4. Data Sheet 4

Then, the Recommended Technical Action (A_r) for left upper limb is calculated as can shown in Figure 5 below.

1 Action frequency constant (no. of actions/min).		A	Task
		30	CF
2 Force factor (perceived effort).		x	
Borg	0.5 1 1.5 2 2.5 3 3.5 4 4.5 5	0.55	F_f
Factor	1 0.85 0.75 0.65 0.55 0.45 0.35 0.2 0.1 0.01	x	
3 Posture factor		Shoulder 0.33	
Score	0-3 4-7 8-11 12-15 16	Elbow 0.33	F_p
Factor	1 0.70 0.60 0.50 0.33	Wrist 0.33	(*) select lowest
4 Additional item factor.		Hand 0.33	factor among elbow,
Score	0 4 8 12	* 0.33	wrist and hand
Factor	1 0.95 0.90 0.80	x	
5 Duration of repetitive task (min).		0.95	F_a
		x	
No. of recommended actions per repetitive task and totals		370	D
(partial result without recovery factor)		x	
6 Factor for lack of recovery time		1914	
(No. of hours without adequate recovery)		=	
Hour	0 1 2 3 4 5 6 7 8	0.80	x 1914 = 1531
Factor	1 0.90 0.80 0.70 0.60 0.45 0.25 0.10 0	F_r	A_r

Figure 5. Calculation of The Recommended Technical Action (A_r) for left upper limb

Calculation of A_r for left upper limb above can be simplified as follows.

$$A_r = \sum_{i=1}^1 [30 \times (0.55 \times 0.33 \times 0.95) \times 370] \times 0.80 = 1531$$

With the same way, A_r for right upper limb is

$$A_r = \sum_{i=1}^1 [30 \times (0.45 \times 0.33 \times 0.95) \times 370] \times 0.80 = 1253.$$

Then we obtained the exposure index (IE) or OCRA score for upper limb as follow.



$$IE_{(left\ upper\ limb)} = \frac{8880}{1531} = 5,8, \text{ and } IE_{(right\ upper\ limb)} = \frac{1880}{1253} = 7.1$$

The summary of the factors, A_r , A_e , and IE for all jobs can be seen in Table 6 below.

Table 6. Exposure index for each jobs in existing condition

Job	I		II		III		IV	
Side	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right
Constant factor (CF)	30	30	30	30	30	30	30	30
Force factor (F_f)	0.55	0.45	0.65	0.45	0.55	0.45	0.45	0.35
Posture factor (F_p)	0.33	0.33	0.6	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Additional factor (F_a)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.80	0.80	0.80	0.80
Duration (D)	370	370	390	390	365	365	375	375
Recovery factor (F_r)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Recommended technical action (A_r)	1531	1253	3468	1320	1272	1041	1069	832
Actual technical action (A_e)	8880	8880	2730	10530	8395	8395	6750	8625
Exposure Index (IE)	5.8	7.1	0.8	8.0	6.6	8.1	6.3	10.4
Risk level	Medium	Medium	Absent	Medium	Medium	Medium	Medium	High

Based on Table 6 above, we can see that most of the jobs are at medium risk level. The fourth job (packaging of corn kernels) has the highest score for the right upper limb, while the lowest score is the second job (threshing of corn cobs) for the left upper limb. In general, there is a need for immediate improvements to the existing work method or system. The risk level could be decreased by improving the driver factors (boldface items). By simulation, optimizing these factors will be able to decrease the final (IE) score as can be shown in Table 7 below.

Table 7. Exposure index for each job in proposed condition

Job	I		II		III		IV	
Side	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right
Constant factor (CF)	30	30	30	30	30	30	30	30
Force factor (F_f)	0.55	0.55	0.65	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Posture factor (F_p)	0.60	0.60	0.6	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Additional factor (F_a)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.80	0.80	0.80	0.80
Duration (D)	370	370	390	390	365	365	375	375
Recovery factor (F_r)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Recommended technical action (A_r)	3132	3132	3901	3301	2602	2602	2673	2673
Actual technical action (A_e)	8880	8880	2730	10530	8395	8395	6750	8625
Exposure Index (IE)	2.8	2.8	0.7	3.2	3.2	3.2	2.5	3.2
Risk level	Low risk	Low risk	Absent	Low risk	Low risk	Low risk	Low risk	Low risk

For instances, recovery factor value can be increased from 0.8 to 0.9 for all jobs. It means that the workers should take a short break after working an hour without have to reduce the total net work duration. Then, force factor value of the second job (threshing of corn cobs, on right side) can be increased from 0.45 to 0.55. Here we can see there is an imbalance load between left and the right hand on this job. Therefore, it is necessary to consider changes in work methods through redesign of the threshing equipment. The redesign should be able to change posture of shouder, elbow, wrist, and hand in natural position.

4. Conclusions

This study has applied the OCRA index method to assess risk level of repetitive works in corn seed factory. The study shown that most of the workers felt discomfort at the lower neck, shoulder, upper and lower arms, elbow, wrist, and hand. The risk assessment results indicated that most of the jobs at medium risk level. By simulation, the exposure index could be decreased by improving of the force factor, posture factor, and recovery factor. This study has some



mitations. For instances, we only took one person as representation on each jobs. There may be difference of workers in doing the same job. Then the future works can be focused on improvements of work method or system.

References

- Anwar,S., Tanjung, Y.F., Jasril, 2015, Penilaian Resiko Distal Upper Extremity pada Pekerjaan Pembuatan Sepatu Kulit dengan Metode Strain Index, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENTI)*, October 29, pp. E55-E61.
- Colantoni, A., Marucci, A., Monarca, D., Pagnello, B., Cecchini, M., and Bedini, R., 2012, The risk of musculoskeletal disorders due to repetitive movements of upper limbs for workers employed to vegetable grafting, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, Vol. 10 (3&4) pp. 14-18.
- Habibi, E., Zare, M., Haghi, A., Habibi, P., Hassanzadeh, A., 2012, Assessment of Physical Risk Factors among Artisans using Occupational Repetitive Actions and Nordic Questionnaire, *International Journal of Environmental Health Engineering*, Vol. 1, Issue 8 pp. 1-6.
- Jones, T., and Kumar, S., 2010, Comparison of Ergonomic Risk Assessment Output in Four Sawmill Jobs, *Work*, Vol. 41 pp. 3981-3983.
- Joseph, C., Imbeau, D., Nastasia, I., 2011, OCRA: Measurement Consistency Among Observational Job Analysis Methods During an Intervention Study, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)*, Vol. 17, No. 2 pp. 139-146
- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sorensen, F., Andersson, G., Jorgensen, K., 1987, Standardised Nordic Questionnaires for the Analysis of Musculoskeletal Symptoms, *Applied Ergonomics*, Vol. 18, No. 3 pp. 233-237.
- Madia, H., Elena-Ana, P., Florina, G., Delia, C., 2006, The OCRA Score and the Risk Evaluation of Musculoskeletal Disorders in a Group of Textile Industry Workers, *Cercetări Experimentale & Medico-Chirurgicale*, Annul XIII, Nr. 3-4 pp. 212-215.
- Najarkola, S.A.M., 2006, Assessment of Risk Factors of Upper Extremity Musculoskeletal Disorders (UEMSDS) by OCRA Method in Repetitive Tasks, *Iranian Journal of Public Health*, Vol. 35, No. 1 pp. 68-74.
- Occhipinti, E., 1998, OCRA: A Concise Index for the Assessment of Exposure to Repetitive Movements of the Upper Limbs, *Ergonomics*, Vol. 1, No. 9 pp. 1290-1311.
- Occhipinti, E., and Colombini, D., 2004, The Occupational Repetitive Action (OCRA) Methods : OCRA Index and OCRA Checklist, in Stanton N., Hedge A., Brookhuis K., Salas E., Hendrick, Editor, *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. CRC Press, Boca Raton
- Roman-Liu, D., Groborz, A., and Tokarski, T., 2013, Comparison of Rsk Assessment Procedures used in OCRA and ULRA Methods, *Ergonomics*, Vol. 56, No.10 pp. 1584-1598.
- Ruddy, F., Eduardo, M., and Edoardo, S., 2012, Application of the OCRA Method in the Sugar Cane Harvest and Its Repercussion on the Workers' Health. Preliminary study, *Work*, Vol. 41 pp. 3981-3983.



Penerapan Model *System Engineering Initiative for Patient Safety* (SEIPS) dalam Analisis Persepsi Perawat Terhadap Kelelahan Kerja (Studi Kasus: Instalasi Bedah Sentral RSUD Kabupaten Karanganyar)

Tia Rizky Noviani, Irwan Iftadi, Rahmadiyah Dwi Astuti
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36A, Jebres, Kota Suarakarta, Jawa Tengah 57126
Telp. (0271) 6322110
E-mail: tiarizkyn17@gmail.com

Intisari

Instalasi Bedah Sentral (IBS) merupakan sebuah unit di RSUD Karanganyar yang mempunyai tugas untuk melakukan tindakan operasi pada pasien. Unit IBS rentan untuk mengalami kelelahan karena dalam melakukan pekerjaannya, perawat tidak hanya berhadapan dengan pasien yang sedang dirawat, tetapi juga dengan dokter, keluarga pasien, sesama perawat, dan bagian lain dalam rumah sakit. Kelelahan yang dirasakan ini dikhawatirkan akan mempengaruhi tingkat kewaspadaan perawat yang berdampak pada keselamatan pasien sehingga perlu dilakukan intervensi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis persepsi perawat IBS akan terjadinya kelelahan untuk menghalangi terjadinya kelelahan perawat sebagai upaya menjaga keselamatan pasien. Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan wawancara terhadap delapan perawat unit IBS yang mewakili perawat laki-laki dan perempuan serta empat jenis tugas perawat yaitu penata anastesi, asisten operasi, scrub nurse, dan circulating nurse. Penelitian ini menggunakan Model SEIPS sebagai pedoman dalam membangun pertanyaan wawancara untuk memperoleh data persepsi perawat. Hasil transkripsi data wawancara kemudian digunakan sebagai input pengolahan data menggunakan Software Nvivo 11 dan didapatkan output berupa nilai coverage. Output tersebut digunakan sebagai penentuan prioritas faktor yang paling menunjang kelelahan perawat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa subfaktor yang paling menunjang kelelahan perawat adalah staffing, availability and usability of technology, dan non care responsibilities dengan masing-masing nilai coverage 18,79%, 15,79%, dan 8,98%. Staffing berkaitan dengan kecukupan jumlah perawat di unit IBS; availability and usability of technology berkaitan dengan ketersediaan dan kemampuan peralatan untuk mempermudah tindakan operasi; sedangkan non care responsibilities berkaitan dengan tugas penunjang perawat diluar tugas keperawatannya atau tugas non keperawatan.

Kata Kunci: Perawat, Kelelahan, Model SEIPS, Software Nvivo

1. Pendahuluan

Pembangunan kesehatan merupakan salah satu bagian yang tidak dapat dipisahkan dari pembangunan nasional yang berupaya untuk meningkatkan derajat kesehatan yang setinggi-tingginya pada seluruh lapisan masyarakat. Sejalan dengan pelaksanaan otonomi daerah, setiap daerah diberi kesempatan untuk membangun daerahnya sendiri kearah yang lebih baik, tidak terkecuali dalam pembangunan kesehatan. Oleh karena itu, rumah sakit sebagai salah satu organisasi yang bergerak dibidang kesehatan perlu untuk meningkatkan pelayanan kesehatan yang lebih baik kepada masyarakat (Arifuddin & Napirah, 2015). Mutu pelayanan yang baik tidak serta merta didapatkan oleh rumah sakit tanpa adanya kerjasama yang baik antar seluruh petugas kesehatan yang ada dalam rumah sakit tersebut (Arifuddin & Napirah, 2015).



Salah satu petugas kesehatan yang memiliki peranan penting yang ada di rumah sakit adalah perawat. Perawat merupakan sumber daya manusia yang menempati urutan teratas dari segi jumlah di rumah sakit yaitu hampir melebihi 50% dari seluruh Sumber Daya Manusia (SDM) rumah sakit. Perawat merupakan ujung tombak dari pelayanan yang diberikan di rumah sakit. Hal ini dikarenakan profesi inilah yang secara langsung berhubungan dengan pasien. (Arifuddin & Napirah, 2015).

Ketika menjalankan pekerjaannya, seorang perawat tidak hanya berhadapan dengan pasien yang sedang dirawatnya, tetapi juga dengan dokter, keluarga pasien, sesama perawat, dan bagian-bagian lain dalam rumah sakit (seperti bagian laboratorium, radiologi, dan sebagainya). Tingkat interaksi dengan orang lain (pasien, dokter, rekan kerja, dan sebagainya) yang tinggi, beban kerja (*workload*) yang berat, menjadi tekanan tersendiri bagi perawat rumah sakit (Saribu, 2012).

Tuntutan pekerjaan tersebut dapat mengakibatkan kelelahan apabila melebihi kemampuan perawat. Kelelahan pada perawat merupakan masalah multisisi yang disebabkan oleh penyebab yang kompleks dan tumpang tindih (seperti stres, *burnout*), stigma, dan kombinasi antara lingkungan kerja dengan masalah individu (Lee, Dziadkowiec, & Meek, 2014). Kelelahan pada perawat memiliki konsekuensi yang substansial mencakup: peningkatan kejadian yang merugikan bagi pasien; termasuk jatuh, kesalahan pengobatan, dan kematian; serta konsekuensi terhadap perawat secara individu; seperti menurunnya kualitas pengambilan keputusan, peningkatan cedera kerja, produktivitas menurun, kesehatan yang buruk, ketidakpuasan kerja dan pengunduran diri (Steege & Dykstra, 2015).

Salah satu unit di RSUD Kabupaten Karanganyar yang juga rentan mengalami kelelahan kerja adalah unit Instalasi Bedah Sentral (IBS). Dari hasil wawancara dan observasi awal diketahui bahwa unit IBS mempunyai perawat sebanyak 17 orang dan 5 kamar operasi. Jumlah perawat yang tersedia ini sangat terbatas, karena seharusnya dalam satu kamar operasi, dibutuhkan minimal lima perawat. Pasien di unit IBS juga meningkat setiap tahunnya, yaitu 2296 pasien untuk tahun 2014, 3613 pasien untuk tahun 2015, 4216 pasien untuk tahun 2016, dan 2650 pasien hingga bulan Juli 2017.

Berdasarkan hasil observasi diketahui pula bahwa belum terdapat perawat yang khusus *stand by* sebagai penjaga di *transit room* dan *recovery room*. Hal ini mengharuskan beberapa perawat untuk melakukan *multitasking* atau berpindah dari satu tempat ke tempat lain pada waktu bedah yang bersamaan. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Iftadi & Rosita (2016), mengungkapkan bahwa perawat mengalami keluhan fisik selama menjalankan tugasnya di IBS antara lain merasakan sakit dibagian kaki, pinggang, tengkuk, leher, mata, dan tangan, sedangkan keluhan secara mental tergantung lingkungan kerja (partner kerja, pasien, kritis atau tidaknya, dan *jobdesk* yang diterima).

Perawat pada unit IBS mempunyai jam kerja dari pukul 7.30 hingga 14.00 dan pembagian *shift* hanya dilakukan untuk mengantisipasi adanya *emergency* tindakan bedah di malam hari. Dalam rentang hampir tujuh jam kerja tersebut, setidaknya terdapat 15 tindakan bedah yang harus dilakukan. Jumlah ini dapat bertambah apabila terdapat hari libur sebelumnya. Beberapa hal inilah yang dapat memicu terjadinya kelelahan kerja pada perawat di unit IBS apabila tidak dikelola dengan baik.

Beragamnya sisi sumber kelelahan yang teridentifikasi menunjukkan perlunya pendekatan ergonomi makro untuk memahami dan mengetahui tentang faktor penyebab dan atau faktor penghambat terjadinya kelelahan perawat didalam sistem kerja perawat rumah sakit. Pendekatan makroergonomi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Model *System Engineering for Patient Safety* (SEIPS) (Carayon, 2006) yang mampu memberikan kajian secara luas tentang deskripsi sistem, komponen dan antar komponen terhadap keamanan pasien dan perawat serta profit perusahaan, termasuk faktor pemicu maupun penghalang terjadinya kelelahan perawat (Iftadi, Astuti, & Pristiyana, 2016). Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi atau bahkan menyelesaikan masalah kelelahan dengan cara mengetahui persepsi perawat terkait faktor penghalang dan pemicu kelelahan dalam sistem kerja di Instalasi Bedah Sentral RSUD Karanganyar, kemudian memberikan usulan solusi yang potensial diterapkan.



2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di IBS. IBS merupakan suatu unit yang mempunyai tugas untuk melakukan tindakan bedah terhadap pasien. Tindakan bedah yang dapat dilakukan IBS meliputi bedah umum, mata, THT, *obgyn*, dan orthopedi.

Objek dalam penelitian ini adalah 8 orang perawat yang bekerja pada IBS RSUD Kabupaten Karanganyar. Metodologi penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1.

2.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka bertujuan untuk mengumpulkan data dan informasi ilmiah berupa teori-teori, metode, atau pendekatan yang pernah berkembang dan didokumentasikan dalam bentuk buku, jurnal, naskah, catatan. Kajian pustaka dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang dapat digunakan sebagai penilaian persepsi perawat menurut Model SEIPS. Setelah itu ditentukan pula indikator-indikator dari setiap faktor Model SEIPS yang digunakan untuk membangun wawancara. Faktor-faktor penilaian persepsi perawat pada penelitian ini mengacu pada penelitian Steege & Dykstra (2015) yaitu *physical environment, tasks, tools and technology, organization, dan person*

2.1 Observasi Awal

Observasi pada penelitian ini dilakukan dengan mengamati secara langsung dan memahami aktivitas yang terdapat pada Instalasi Bedah Sentral (IBS) RSUD Kabupaten Karanganyar. Observasi juga dilakukan dengan mengajukan beberapa pertanyaan tentang IBS kepada Kepala Unit IBS. Selain itu, observasi juga dilakukan dengan mengidentifikasi tugas-tugas perawat selama masa operasi. Alat yang digunakan pada observasi ini adalah *recorder* dan alat pencatat. Hasil yang didapatkan adalah berupa informasi-informasi umum tentang IBS dan uraian tugas perawat.

Sedangkan untuk studi pustaka dilakukan dengan membaca sumber seperti buku, jurnal, internet, maupun sumber lain yang berkaitan dengan masalah yang diteliti. Sumber pustaka yang digunakan adalah yang berkaitan dengan kelelahan kerja, teori-teori ergonomi makro, dan keperawatan untuk mengidentifikasi masalah yang diteliti.

2.2 Wawancara dan Observasi

Wawancara pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data persepsi perawat tentang hal yang menunjang dan mencegah terjadinya kelelahan. Wawancara dilakukan di ruang bedah minor dan secara empat mata dengan informan. Informan yang dipilih dalam penelitian ini adalah sebanyak dua dari setiap jabatan yang ada, yaitu *scrub nurse, circulating nurse*, penata anastesi, dan asisten operasi dan berjenis kelamin laki-laki dan perempuan untuk setiap jabatannya. Namun, untuk penata anastesi hanya dilakukan untuk perawat laki-laki karena tidak terdapat perawat perempuan untuk jabatan ini. Pertanyaan yang diajukan didasarkan subfaktor yang ada pada model SEIPS.

Observasi pada tahap ini bertujuan untuk mendapatkan data penunjang untuk melakukan triangulasi data atau validasi pernyataan informan pada saat wawancara.

2.3 Reduksi Data

Reduksi data dilakukan dengan transkripsi data menggunakan Ms. Word. Isi transkripsi data meliputi nama responden, jenis kelamin, jenis tugas perawat, waktu wawancara, dan isi percakapan dengan responden. Kemudian terdapat proses pengkodean data dengan menggunakan *Software NVivo*, artinya isi wawancara tersebut digolongkan ke dalam kode-kode kelompok tema tertentu sesuai model SEIPS. Kode-kode ini sama dengan *nodes* yang digunakan di *Software NVivo*. Dalam analisis menggunakan *Software NVivo*, hasil transkripsi data di Ms. Word digunakan sebagai *input* pengolahan data di *software*. *Output* dari *software* kemudian digunakan dalam proses penyajian data yaitu berupa nilai *coverage*.

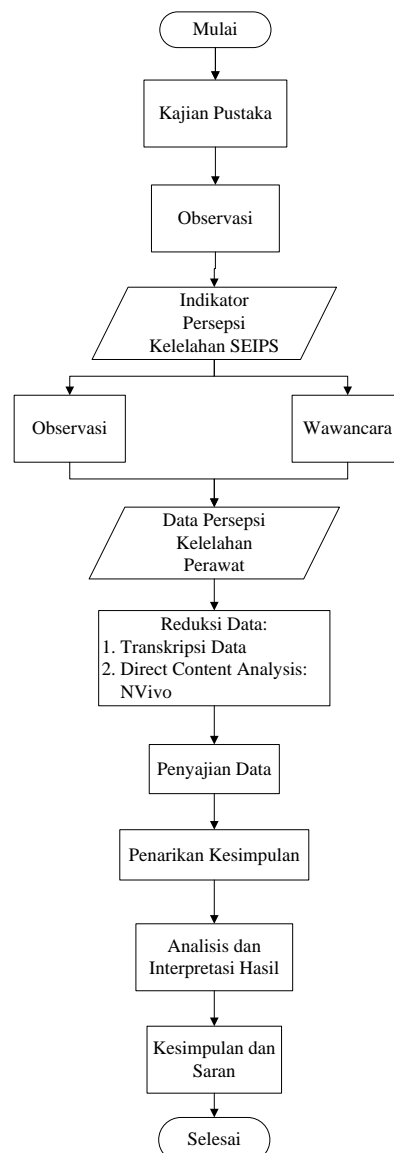


2.4 Penyajian Data

Pada tahap ini, data persepsi kelelahan perawat yang didapatkan dari hasil wawancara disajikan menurut lima faktor SEIPS yaitu *physical environment*, *tasks*, *tools and technology*, *organization*, dan *person*. Lima faktor ini kemudian terbagi atas tiga belas subfaktor yaitu *patient room layout*, *break room layout*, dan *unit room layout* untuk faktor *physical environment*; subfaktor *non care responsibilities* dan *task as coping mechanism* untuk faktor *tasks*; *availability and usability of technology* untuk faktor *tools and technology*; *unit level management*, *upper level management*, *staffing*, *training* untuk faktor *organization*; dan subfaktor *level of competence and confidence* dan *helplessness* untuk faktor *person*.

2.5 Penarikan Kesimpulan

Pada tahap ini, penarikan kesimpulan dilakukan dengan membandingkan nilai *coverage* yang didapatkan dari hasil pengolahan data menggunakan *Software Nvivo*. Subfaktor dengan nilai *coverage* tertinggi dinilai sebagai subfaktor yang paling menyebabkan kelelahan perawat. Setelah dilakukan penarikan kesimpulan, kemudian diberikan usulan yang potensial untuk mencegah terjadinya kelelahan perawat.



Gambar 1 Flowchart Metodologi Penelitian

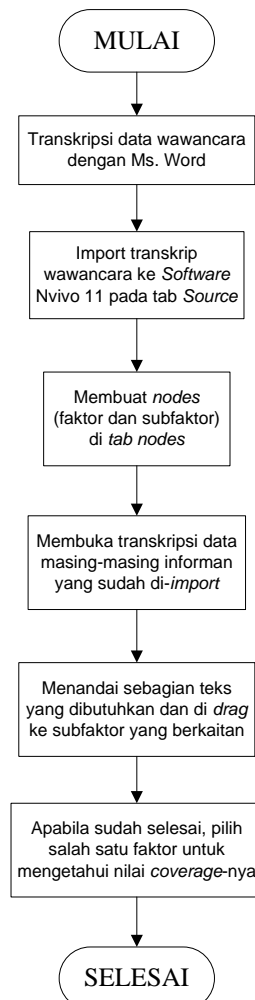


3 Hasil dan Pembahasan

Berikut ini merupakan hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan terhadap IBS RSUD Kabupaten Karanganyar.

3.1 Pengolahan data dengan Software Nvivo 11

Dalam penelitian ini, digunakan *Software* Nvivo untuk melakukan analisis terhadap hasil wawancara yang sudah ditranskripsikan dalam bentuk Ms. Word. Dalam proses pengolahan data dengan *software* tersebut, transkrip wawancara masing-masing informan ditandai dan diklasifikasikan sesuai dengan subfaktor terkait.



Gambar 2 Flowchart Pengolahan Data dengan Software NVivo

Dari pengklasifikasian tersebut, didapatkan *output* berupa nilai *coverage*. Nilai *coverage* merupakan persentase tingkat pembahasan isu subfaktor tersebut oleh informan. Dalam hasil yang didapatkan, terdapat pula jumlah *source* dan *reference*. *Source* adalah jumlah informan yang memberikan pernyataan terkait dengan subfaktor tersebut, sedangkan *reference* adalah jumlah pernyataan yang berkaitan dengan subfaktor tersebut. Tabel 1 dan Tabel 2 masing-masing akan menjelaskan subfaktor penghalang kelelahan dan penunjang kelelahan perawat IBS RSUD Karanganyar.



Tabel 1 Faktor dan Subfaktor penunjang kelelahan perawat

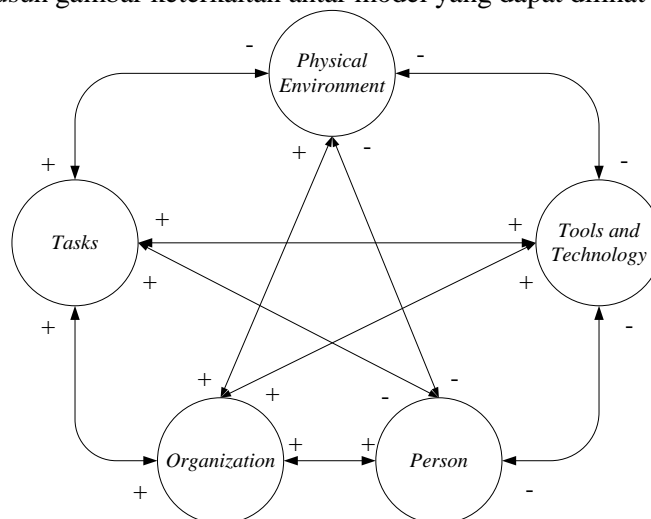
Faktor SEIPS	Subfaktor SEIPS	Source	Reference	Nilai Coverage
Physical Environment	Patient Room Layout	5	6	6,16%
	Break Room Layout	4	4	7,28%
Tasks	Non Care Responsibilities	3	4	8,98%
Tools and Technology	Availability and Usability of Technology	5	8	15,79%
Organization	Teamwork	2	2	3,01%
	Upper Level Management	1	1	1,76%
	Unit Level Management	2	5	1,35%
	Staffing	8	18	18,79%
Person	Helplessness	4	7	7,54%

Tabel 2 Faktor dan Subfaktor penghalang kelelahan perawat

Faktor SEIPS	Subfaktor SEIPS	Sources	Referensi	Nilai Coverage
Physical Environment	Unit Layout	8	10	8,30%
	Patient Room Layout	4	4	3,01%
	Break Room Layout	1	1	0,33%
Tasks	Task as Coping Mechanism	3	4	4,05%
Tools and Technology	Availability and Usability of Technology	6	9	6,13%
Organization	Teamwork	8	12	7,95%
	Training	5	5	6,25%
	Unit Level Management	8	8	4,20%
	Upper Level Management	7	7	4,75%
Person	Level of Competence and Confidence	4	6	9,26%

3.2 Penyajian Data

Dari hasil yang didapatkan dari wawancara dan pengolahan data yang telah disajikan dalam tabel 1, kemudian disusun gambar keterkaitan antar model yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Hubungan Antar Faktor SEIPS

Untuk faktor *physical environment* memiliki hubungan yang positif dengan faktor *tasks* sebesar 8,72%, dan *organization* sebesar 3,51%. Namun, memiliki hubungan yang negatif dengan faktor *person* dan *tools and technology*.

Untuk faktor *tasks* memiliki hubungan yang positif dengan faktor *tools and technology* dan *organization* dengan nilai masing-masing 6%; 2,47%;. Namun memiliki hubungan yang negatif terhadap *physical environment* dan *person*.

Untuk faktor *tools and technology* memiliki hubungan yang positif dengan faktor *tasks* dan *organization* dengan nilai masing-masing sebesar 3,52% dan 1,27%. Namun, memiliki hubungan yang negatif dengan faktor *person*.

Untuk faktor *organization* memiliki hubungan yang positif dengan faktor *tasks* sebesar 4,56%; *tools and technology* sebesar 0,78%, dan *person* sebesar 3,2%. Namun, memiliki hubungan yang negatif dengan *physical environment*.

Untuk faktor *person* memiliki hubungan yang positif dengan faktor *tasks* sebesar 4,53%, , dan *organization* sebesar 2,68%. Namun, memiliki hubungan yang negatif dengan faktor *physical environment*, *tools and technology*.

Kemudian, dari tabel 1, diketahui bahwa subfaktor yang paling menunjang terjadinya kelelahan perawat adalah subfaktor *staffing* yang tergabung dalam faktor *organization*. Keseluruhan perawat mengungkapkan bahwa jumlah perawat yang ada pada unit IBS masih kurang. Kekurangan ini disebabkan karena banyaknya pekerjaan yang harus dilakukan seperti menerima kedatangan pasien, melakukan observasi ulang sebelum operasi, tindakan operasi, dan pengurusan kelengkapan dokumen pasien sebelum operasi (hasil laboratorium, obat), sedangkan jumlah perawat yang tersedia hanya terbatas. Selain itu, perawat juga harus melakukan tugas ganda untuk memenuhi kekurangan yang ada. Sebagai contoh yaitu perawat anastesi yang harus berpindah-pindah dari kamar operasi ke ruang transit karena belum adanya perawat yang khusus menjaga *recovery room*. Begitu pula dengan *circulating nurse* atau perawat *onloop* yang bertugas sebagai perawat non steril. Perawat tersebut diharuskan mengambil kebutuhan operasi yang kurang dari satu kamar operasi ke kamar operasi lainnya karena jumlahnya hanya tiga perawat, sehingga tidak semua kamar operasi terdapat *circulating nurse*. Kekurangan ini dapat diatasi dengan pembagian tugas atau rekrutmen perawat sesuai standar.

Pada tabel 1, diketahui pula bahwa terdapat beberapa subfaktor dalam Model SEIPS yang tidak termasuk dalam subfaktor yang menunjang kelelahan perawat. Subfaktor tersebut adalah *unit layout*, *task as coping mechanism*, *training*, dan *level of competence and confidence*. Subfaktor ini tergabung dalam subfaktor yang menghalangi terjadinya kelelahan perawat. Untuk subfaktor *unit layout*, seluruh perawat menyatakan bahwa alur atau tata ruang IBS sudah baik, hanya perlu perbaikan untuk pemisahan pintu masuk dan keluar pasien. Untuk subfaktor *task as coping mechanism*, perawat menganggap bahwa pekerjaan sebagai perawat *onloop* atau sirkuler dapat menghalangi kelelahan karena tugasnya hanya menyiapkan kekurangan bahan yang digunakan untuk operasi dan mencatat segala tindakan yang dilakukan selama operasi. Untuk subfaktor *training*, perawat beranggapan bahwa dengan mengikuti pelatihan-pelatihan, perawat menjadi mengerti hal-hal yang boleh dan tidak boleh dilakukan selama operasi. Subfaktor ini berkaitan dengan subfaktor *level of competence and confidence* yang artinya semakin sering atau banyak mengikuti *training* maka semakin tinggi *level of competence and confidence* atau semakin percaya diri dalam memberikan perawatan pada pasien.

Untuk tabel 2, didapatkan hasil bahwa *level of competence and confidence* mempunyai nilai *coverage* tertinggi yaitu 9,26%. Subfaktor tersebut berkaitan dengan pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki oleh perawat. Perawat mempunyai persepsi bahwa pekerjaan yang dilakukan menjadi lebih mudah karena sudah mengikuti pelatihan dan bimbingan dari senior, sehingga perawat dapat mengetahui hal-hal yang boleh atau tidak boleh dilakukan dan memudahkan perawat dalam memberikan pelayanan untuk pasien.

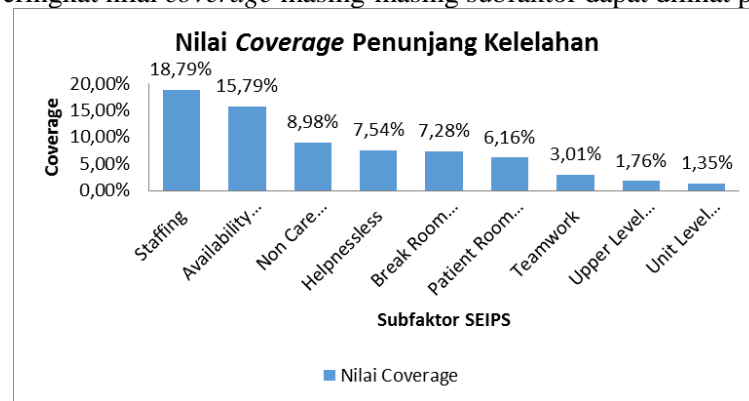
Serupa dengan tabel 1, pada tabel 2 terdapat beberapa subfaktor dalam Model SEIPS yang tidak termasuk dalam subfaktor yang menunjang kelelahan perawat. Subfaktor tersebut adalah *non care responsibilities*, *staffing* dan *helplessness*. Untuk subfaktor *non care responsibilities*, tugas



diluar keperawatan yang dapat menjadi penunjang kelelahan adalah melakukan transfer pasien. Tugas penunjang tersebut dapat menunjang kelelahan karena dilakukan sebanyak empat kali setiap akan melakukan operasi. Untuk subfaktor *staffing* dianggap subfaktor yang menunjang terjadinya kelelahan karena adanya kekurangan perawat di unit IBS sehingga perawat harus melakukan tugas ganda. Sedangkan untuk subfaktor *helplessness* dianggap sebagai subfaktor yang menunjang kelelahan karena pekerjaan perawat menyangkut dengan nyawa seseorang sehingga perawat merasa khawatir apabila tidak memberikan perawatan yang baik dan hasilnya tidak sesuai harapan.

3.3 Penarikan Kesimpulan

Dari delapan faktor yang menunjang kelelahan, kemudian diambil dua subfaktor dengan nilai *coverage* tertinggi karena *trend* nilai kedua subfaktor tersebut yang dua kali lebih besar dibandingkan subfaktor lain. Pemilihan ini didasarkan pada *nilai coverage* karena dapat mengindikasikan pembahasan isu tersebut dari keseluruhan informan yang diwawancarai. Ketiga subfaktor tersebut adalah *staffing*, *availability and usability of technology*, dan *non care responsibilities*. Peringkat nilai *coverage* masing-masing subfaktor dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Nilai *Coverage* Penunjang Kelelahan Perawat

3.4 Usulan Perbaikan

Berdasarkan penarikan kesimpulan yang telah dilakukan sebelumnya, maka perlu dilakukan perbaikan agar mengurangi kelelahan yang dialami perawat IBS.

1. Melakukan pembagian tugas penata anastesi

Dari lima penata anastesi yang tersedia dapat dibagi menjadi empat di kamar operasi dan satu di ruang *recovery* atau ruang pendaftaran. Satu penata anastesi yang bertugas di ruang pendaftaran sekaligus dapat menjadi perawat yang menerima pasien yang akan menjalani operasi seperti pengecekan kondisi pasien, kelengkapan data penunjang dan obat, serta kesesuaian identitas. Sedangkan untuk empat penata anastesi yang bertugas di kamar operasi, kekurangan pemantauan di ruang operasi dapat diminimalisir oleh penata anastesi yang mendapatkan pasien dengan bus lokal atau regional untuk berpindah dari kamar operasi satu ke lainnya. Untuk mengatasi kelelahan yang dihasilkan dari pembagian tugas tersebut, dapat diminimalisir dengan adanya *rolling job* setiap harinya.

2. Pengadaan Meja Operasi Hidrolik Elektrik dan *Rollerboard*

Untuk subfaktor *availability and usability of technology*, perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pengadaan meja operasi elektrik hidrolik. Meja operasi sendiri memiliki beberapa fungsi, diantaranya adalah meringankan kinerja para dokter dan perawat bedah, meningkatkan efektivitas dan keberhasilan operasi, dan menjadi salah satu syarat prosedural pelaksanaan sebuah operasi pembedahan. Berdasarkan fungsi tersebut, dapat dimengerti bahwa meja operasi merupakan salah satu komponen utama dalam melakukan tindakan bedah. Dengan pengadaan meja operasi hidrolik elektrik ini, perawat akan mengeluarkan usaha lebih sedikit karena pengaturan meja dilakukan secara otomatis, sehingga kelelahan yang dialami oleh perawat dapat dicegah.



Namun, melakukan investasi meja operasi elektrik hidrolik ini cukup sulit diterapkan karena membutuhkan biaya yang besar sehingga diusulkan solusi lainnya dengan biaya lebih kecil tetapi dapat membantu pekerjaan perawat. Perbaikan dapat dilakukan dengan melakukan pengadaan alat bantu *rollerboard* untuk membantu proses transfer pasien. Dalam satu kali tindakan operasi, perawat harus melakukan transfer pasien sebanyak empat kali, hal ini akan memicu kelelahan perawat dan akan memuncak pada siang hari. Kelelahan ini juga dapat berakibat pada resiko pasien jatuh yang semakin besar karena kurangnya kewaspadaan sehingga kelelahan yang dirasakan harus dicegah atau dikurangi. Alat bantu yang dapat digunakan untuk mengurangi kelelahan dalam transfer pasien adalah *rollerboard*. *Rollerboard* merupakan sebuah alat bantu transfer pasien yang berbentuk papan dengan kain yang menutupi sekitarnya dan dapat berputar sesuai gerakan yang dilakukan. Dengan menggunakan *rollerboard*, perawat tidak perlu memindahkan pasien dengan cara diangkat, tetapi hanya dengan meletakkan *rollerboard* dibawah tubuh pasien kemudian menggeser pasien, sehingga usaha yang digunakan lebih sedikit dan secara tidak langsung dapat mengurangi kelelahan perawat.

4 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Hasil pengolahan data persepsi kelelahan perawat berdasarkan model SEIPS dengan *software* Nvivo menunjukkan bahwa subfaktor yang paling menunjang kelelahan adalah *staffing* dalam faktor *organization*, *availability and usability of technology* dalam faktor *tools and technology*, dan *break room laynon care responsibilities* dalam faktor *tasks*.
- b. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir kelelahan perawat RSUD Karanganyar yaitu melakukan pembagian tugas penata anastesi, melakukan pengadaan meja operasi hidrolik elektrik, dan melakukan pengadaan *rollerboard*.

Daftar Pustaka

- Arifuddin, A., & Napirah, M.R. (2015). Hubungan Disiplin dan Beban Kerja Dengan Kinerja Perawat Di Ruang Rawat Inap Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Undata Palu. *Jurnal Kesehatan Tadulako*, 1(1), 29-38.
- Carayon, P., et al. (2006). Work System Design for Patient Safety: the SEIPS Model. *Quality Safety Health Care*, 15(1), 50-58.
doi: 10.1136/qshc.2005.015842
- Iftadi, I., Astuti, R.D., & Rosita, M. (2016). Using NASA Task Load Index And Maslach Burnout Inventory For Evaluating The Subjective Mental And Physical Workload Of Nurse Central Surgical Installation Hospitals Karanganyar. *2nd ICIMECE*, 2(1), 127-131.
- Lee, K.A., Dziadkowiec, O., & Meek, P. (2014). A systems science approach to fatigue management in research and health care. *Nurs Outlook*, 62(2014), 313-321.
- Pristiyana, A.A., & Iftadi, I. (2016). How SEIPS Can Be Used As Model For A Macroergonomic Approach In Sub-unit Healthcare Case Study: The Nurse Perception on Fatigue In Surgery Ward Unit. *2nd ICIMECE*, 2(1).
- Steege, L.M., Dykstra, J.G. (2015). A Macroergonomic Perspective on Fatigue and Coping in the Hospital Nurse Work System. *Applied Ergonomics*, 54(2016), 19-26.



Evaluasi Pengaruh *Dualtask* dan *Personality* Pejalan Kaki terhadap *Situation Awareness*

Zati Dini Atsari, Dawi Karomati Baroroh

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 513665
E-mail: zatidiniatsari@gmail.com

Intisari

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh antara *personality* dan *dualtask* terhadap *situation awareness* (SA). Pengukuran SA dilakukan dengan parameter akurasi kesaksian saksi mata. Penelitian ini mengangkat kasus kecelakaan yang terjadi di Indonesia dengan menggunakan pejalan kaki sebagai saksi mata. Responden pada penelitian ini adalah 38 mahasiswa yang terdiri dari 19 *extrovert* dan 19 *introvert* dengan rata-rata usia 21,2 tahun. *Personality* diukur dengan kuesioner *The Big 5 Inventory*. Responden pada masing-masing *personality* diminta untuk melakukan 2 eksperimen. Pada eksperimen pertama responden diperlihatkan video kecelakaan sambil melakukan 1 task (kontrol) yaitu berjalan. Pada eksperimen kedua, responden diperlihatkan video kecelakaan yang berbeda sambil melakukan *dualtask* yaitu berjalan dan *texting*. Di akhir dari masing-masing eksperimen, responden diukur nilai SA-nya menggunakan lembar *checklist scoring* yang terdiri dari 3 level pertanyaan. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa *dualtask* berpengaruh signifikan terhadap SA keseluruhan, SA level 1, dan SA level 2, sedangkan *personality* tidak berpengaruh signifikan terhadap SA secara keseluruhan, SA level 1, SA level 2, dan SA level 3.

Kata Kunci: *Situation awareness, dualtask, personality, extrovert-introvert, dan kesaksian saksi mata.*

1. Pendahuluan

Kecelakaan lalu lintas dapat terjadi di jalan umum bukan hanya di jalan tol dan di jalan raya. Investigasi dilakukan untuk mencari tahu pelaku dan korban yang terlibat pada peristiwa yang terjadi. Saat melakukan investigasi, diperlukan informasi terkait kronologis serta bukti dari peristiwa yang terjadi. Salah satu alat bukti yang sah menurut Pasal 184 KUHAP adalah keterangan saksi. Keterangan saksi mata merupakan hal yang sangat penting bagi pihak yang berwajib karena merupakan dasar atau bahan untuk mendapatkan bukti dan fakta. Pada kasus kecelakaan lalu lintas, salah satu saksi yang berada di lokasi kejadian, dalam hal ini adalah jalan umum, yaitu pejalan kaki. Dalam praktiknya, pejalan kaki yang berada di jalan tidak hanya melakukan satu aktivitas yaitu berjalan. Banyak hal yang dilakukan oleh pejalan kaki ketika berjalan seperti menggunakan *mobile phone*, mendengarkan musik, membaca, dan masih banyak lagi. Kemudahan akses internet membuat orang sering fokus menggunakan *mobile phone* tanpa mengenal waktu dan tempat. Rata-rata orang Indonesia menghabiskan waktu selama 5,5 jam per hari menatap layar *smartphone* (Kompas, 2015). Salah satu aktivitas yang dapat dilakukan melalui jejaring sosial adalah *chatting*. *Dualtask* seperti ini, dapat mempengaruhi atensi seseorang terhadap lingkungan sekitar, atau dapat disebut sebagai *situation awareness*. Hal ini akan mengakibatkan tidak akuratnya kesaksian yang diberikan pejalan kaki mengenai peristiwa yang terjadi.

Ketidakkuratan keterangan saksi terkait dengan *situation awareness* yang merupakan kepekaan dan pemahaman seseorang terhadap kondisi lingkungan sekitarnya (Haqi, 2015). Dalam



kasus pejalan kaki, salah satu faktor yang mempengaruhi *situation awareness* adalah *dualtask* yang dilakukan. Faktor lain yang dapat mempengaruhi akurasi kesaksian adalah *personality* dari saksi mata. Kepribadian atau *personality* akan menentukan penyesuaian diri seseorang terhadap lingkungan karena merupakan pola perilaku dan cara berfikir yang unik sehingga sangat berpengaruh pada respon terhadap kondisi lingkungannya (Irani, 2008; Filice, 1995). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari *dualtask* yang dilakukan oleh pejalan kaki dan *personality* yang dimiliki oleh seseorang terhadap *situation awareness* dengan parameter akurasi kesaksian pada suatu peristiwa.

Perry dkk. (2006) menunjukkan bahwa pada kondisi *multitasking* menyebabkan penurunan atensi akibat adanya beban fisik dan kognitif pada tugas utama dan tambahan yang sedang dilakukan oleh seseorang. Beban *task* yang dilakukan responden seperti berbicara menggunakan *cell phone* mempengaruhi keberhasilan pejalan kaki dalam menyeberang dibandingkan dengan ketika tidak ada tambahan *task* (Neider dkk, 2010). *Multitasking* menyebabkan penurunan *situation awareness* pada seseorang pejalan kaki (Hyman, 2010), hal tersebut dapat dilihat dari menurunnya akurasi kesaksian dari saksi mata suatu peristiwa kecelakaan (Anisa, 2017). Lim dkk (2015) mengatakan bahwa *dualtask interference* yang disebabkan oleh penggunaan *mobile phone* sambil berjalan berkaitan dengan meningkatnya *cognitive demand* dan menurunkan *situation awareness*. Filice (1995) menunjukkan bahwa kelompok *extraversion* menghasilkan nilai akurasi lebih tinggi. Hal ini disebabkan meningkatnya *arousal* akibat *noise* yang diterima oleh *extrovert* dapat menyebabkan peningkatan performansi, sedangkan pada *introvert* malah menurunkan performansi. Hal ini menunjukkan bahwa *personality* dari seseorang dapat mempengaruhi performansi yang berakibat pada akurasi kesaksiannya. Hanya dimensi *openness* yang berpengaruh signifikan terhadap *recognition* saksi mata, sedangkan dimensi *personality* lain tidak berpengaruh signifikan terhadap kesaksian saksi mata (Curley dkk, 2017). Revianda (2016) menjelaskan bahwa *personality* mempengaruhi akurasi kesaksian, terutama jika dilakukan secara berkelompok dengan pasangan *extrovert-extrovert*.

2. Metodologi

2.1 Responden

Penelitian ini menggunakan 38 responden pria dan wanita yang berada pada rentang usia 19-25 tahun. Kriteria dari responden adalah yang memiliki tipe kepribadian *introvert* atau *extrovert*. Kriteria lainnya adalah responden merupakan pengguna *smartphone*. Masing-masing *personality* terdiri dari 19 responden, dimana setiap responden harus melakukan 2 perlakuan yaitu kontrol (melakukan satu *task*: *walking*) dan *dualtask* (melakukan *dualtask*: *walking* dan *texting*).

2.2 Instrumen Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan melakukan eksperimen di Laboratorium Ergonomika, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada. Dalam eksperimen ini digunakan instrumen penelitian berupa: kuesioner The Big Five Inventory, video simulasi, *treadmill*, *instrument texting*, dan lembar *checklist scoring*.

2.3 Tahapan Penelitian

Eksperimen ini diawali dengan pencarian responden dengan tipe kepribadian *extrovert* atau *introvert* melalui penyebaran kuesioner The Big Five Inventory. Kemudian responden dari masing-masing tipe kepribadian melakukan dua eksperimen yaitu eksperimen kontrol (*walking*) dan eksperimen *dualtask* (*walking* dan *texting*). Pada masing-masing eksperimen, responden diperlihatkan video simulasi yang berbeda sebanyak satu kali. Desain Penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.



Tabel 1. Desain Penelitian

Personality Type	Task	
	Kontrol (<i>single task</i>)	<i>Dualtask</i>
<i>Extrovert</i>	Eksperimen 1	Eksperimen 2
<i>Introvert</i>	Eksperimen 3	Eksperimen 4

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Situation awareness* Global Assessment Technique (SAGAT). SAGAT menurut Endsley (1995) merupakan *freeze probe technique* yang paling terkenal yang dikembangkan untuk mengukur pilot SA pada three level model SA. SAGAT terdiri dari sekumpulan pertanyaan termasuk level 1 SA (*perception of the elements*), level 2 SA (*comprehension of their meaning*), dan level 3 SA (*projection of future status*). Dalam setiap level, SAGAT mengajukan sejumlah pertanyaan dimana hanya ada satu jawaban benar. Pada beberapa studi, SAGAT menggunakan simulator yang mensimulasikan situasi di kehidupan nyata. Menurut Endsley dkk. (1998), SAGAT menggunakan simulasi dari situasi di kehidupan nyata. Nilai SAGAT menunjukkan kumpulan informasi yang sangat detail dan dapat secara langsung dibandingkan dengan situasi nyata.

Pada eksperimen kontrol (*walking*), responden akan mensimulasikan aktivitas *walking* sebagai pejalan kaki dengan berjalan di atas *treadmill* sambil melihat video simulasi yang menampilkan kejadian kecelakaan di jalan dengan durasi 59 detik. Kemudian eksperimen akan dihentikan, dan responden diminta mengisi lembar *checklist scoring* yang berisi pertanyaan dalam 3level untuk mengukur nilai SA. Pada eksperimen *dualtask*, responden diminta berjalan di *treadmill* sambil melihat video kecelakaan dengan durasi 1 menit 30 detik, kemudian di tengah-tengah eksperimen peneliti mengirimkan *chat* yang harus dibalas oleh responden tersebut. Responden dikirimkan 4 buah pertanyaan dengan interval waktu setiap 15 detik untuk masing-masing pertanyaan melalui *chat line/whatsapp*. Pengiriman *chat* pertama dilakukan pada detik ke-5 setelah video diputar. Sebelum melakukan eksperimen ini, responden diberikan waktu latihan selama 1 menit untuk membiasakan diri menggunakan *treadmill* dan melakukan *dualtask* (*walking* dan *texting*). Eksperimen akan dihentikan dan responden diminta mengisi lembar *checklist scoring* untuk mengetahui tingkat *situation awareness* berdasarkan akurasi dalam memberikan kesaksian sebagai saksi mata peristiwa kecelakaan.

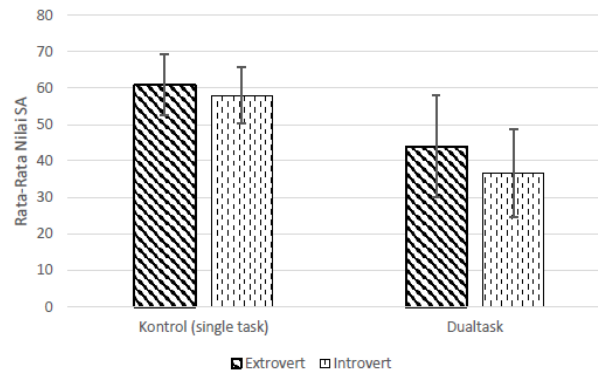
SA diukur melalui akurasi responden dalam menjawab pertanyaan mengenai situasi sebuah kejadian kecelakaan dari video simulasi. Jawaban responden akan dibandingkan dengan kejadian riil pada video. Jika jawaban responden benar akan diberi skor 5, dan jika salah akan mendapat skor 0. Pada penilaian ini hanya terdapat skor 5 atau 0. Pertanyaan terbagi ke dalam 3 level. Total skor jika semua jawaban benar untuk level 1 adalah 40, level 2 adalah 25, dan level 3 adalah 15. Total skor jawaban benar secara keseluruhan adalah 80. Akurasi *texting* juga diukur untuk melihat apakah ada kecenderungan dari responden untuk lebih fokus terhadap salah satu tujuan saja yaitu *texting* saja atau video simulasi saja. Penilaian *texting* dilakukan berdasarkan makna dari jawaban responden dan kemampuan responden dalam menjawab sesuai interval waktu yang ditentukan. Jika makna jawaban sesuai dengan pertanyaan dan dijawab secara berurutan dalam interval waktu yang ditentukan akan diberi skor 5, jika tidak diberi skor 0.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh *Dualtask* dan *Personality* terhadap SA

Pengukuran *situation awareness* dalam penelitian ini terbagi menjadi dua perlakuan yaitu kontrol dan *dualtask*. Perbandingan nilai SA pada kedua perlakuan untuk tipe *personality* (*extrovert* dan *introvert*) dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Perbandingan Rata-Rata Nilai SA

Grafik menunjukkan bahwa rata-rata nilai SA untuk tipe *personality extrovert* lebih tinggi dibandingkan dengan *introvert* baik pada perlakuan kontrol maupun *dualtask*. Pada *error bars* dapat dilihat bahwa nilai *error* untuk kedua tipe *personality* ketika perlakuan kontrol lebih kecil jika dibandingkan dengan saat melakukan *dualtask*. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas *dualtask* yang dilakukan oleh responden mempengaruhi atensi terhadap lingkungan atau *situation awareness* yang diukur berdasarkan akurasinya dalam memberikan kesaksian kejadian kecelakaan pada video simulasi.

Pengaruh perlakuan *task* dan *personality* terhadap SA dapat diketahui dengan uji statistik. Penelitian ini melakukan uji statistik dengan menggunakan SPSS. Pertama dilakukan uji asumsi parametrik, uji normalitas dan homogenitas. Hasil Uji Normalitas menunjukkan bahwa masing-masing kelompok data memiliki p-value lebih dari alpha (0,05), sehingga data dapat dikatakan terdistribusi normal. Hasil uji homogenitas dengan menggunakan Levene's Test menunjukkan bahwa p-value yang didapatkan kurang dari alpha (0,05), sehingga dapat dikatakan varians data tidak homogen. Oleh karena itu, karena asumsi parametrik tidak terpenuhi, pengujian yang digunakan adalah uji non parametrik. Hasil Friedman test menunjukkan bahwa nilai p-value kurang dari alpha (0,05), yang menunjukkan bahwa terdapat setidaknya satu perbedaan antar rata-rata nilai SA, sehingga dapat dikatakan secara keseluruhan terdapat pengaruh signifikan dari variabel bebas terhadap variabel terikat dalam hal ini SA. Namun, pada pengujian ini tidak dapat diketahui variabel mana yang mempengaruhi SA secara signifikan. Oleh karena itu, dilakukan uji post hoc untuk mengetahui apakah masing-masing variabel secara independen mempengaruhi nilai SA.

Uji post hoc dilakukan sebanyak dua kali. Uji post hoc pertama dilakukan untuk menguji pengaruh dari *dualtask* sebagai variabel bebas terhadap SA dengan menggunakan Wilcoxon Signed Rank Test atau pada SPSS disebut 2 *related samples*. Metode uji ini digunakan karena setiap sampel melakukan semua perlakuan, sehingga sampel dikatakan *related*. Hasil Post Hoc menunjukkan bahwa p-value kurang dari alpha (0,05), yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata nilai SA antara *dualtask* dan kontrol (satu task), sehingga dapat disimpulkan bahwa *task (dualtask)* secara independen berpengaruh signifikan terhadap SA. Uji post hoc yang kedua dilakukan untuk melihat ada atau tidaknya pengaruh dari *personality* terhadap SA. Pengujian yang digunakan adalah Mann Whitney U Test karena terdapat 2 group sampel yang berbeda yaitu *extrovert* dan *introvert*. Hasil uji post hoc menunjukkan p-value lebih dari alpha (0,05). Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan rata-rata antara nilai SA pada tipe *personality (extrovert dan introvert)*, sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian ini *personality* tidak berpengaruh signifikan terhadap SA (uji post hoc dapat dilihat pada Tabel 2).

3.2 Pengaruh *Personality* dan *Dualtask* terhadap SA per Level

Analisis lebih lanjut dilakukan untuk mengetahui pengaruh *personality* dan *dualtask* terhadap nilai SA untuk masing-masing level yaitu level 1, level 2, dan level 3. Analisis dimulai dengan melakukan uji asumsi parametrik yaitu uji normalitas dan homogenitas. Pada SA level 1,

hasil uji normalitas menunjukkan adanya data yang tidak terdistribusi normal ditandai dengan p-value kurang dari alpha (0,05), sehingga asumsi parametrik tidak dapat terpenuhi. Pengujian dilanjutkan dengan uji non parametrik yaitu Friedman Test. Hasil Friedman Test menunjukkan bahwa secara keseluruhan *personality* dan *dualtask* berpengaruh signifikan terhadap SA level 1, karena nilai p-value kurang dari alpha (0,05), sehingga dilakukan uji post hoc untuk mengetahui faktor mana yang berpengaruh. Uji post hoc dilakukan untuk masing-masing faktor. Faktor *personality* menggunakan Mann Whitney U Test, dan didapatkan hasil bahwa *personality* tidak berpengaruh signifikan terhadap SA level 1. Faktor *dualtask* diuji menggunakan Wilcoxon Signed Rank Test, dan didapatkan hasil bahwa *dualtask* berpengaruh signifikan terhadap SA level 1. Uji post hoc dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada SA level 2, hasil uji normalitas menunjukkan semua data tidak terdistribusi normal dengan p-value kurang dari alpha (0,05), sehingga asumsi parametrik tidak dapat terpenuhi. Pengujian dilanjutkan dengan uji non parametrik yaitu Friedman Test. Hasil Friedman Test menunjukkan bahwa secara keseluruhan *personality* dan *dualtask* berpengaruh signifikan terhadap SA level 2, karena p-value kurang dari alpha (0,05), sehingga dilakukan uji post hoc untuk mengetahui faktor mana yang berpengaruh. Uji post hoc dilakukan untuk masing-masing faktor. Faktor *personality* menggunakan Mann Whitney U Test, dan didapatkan hasil bahwa *personality* tidak berpengaruh signifikan terhadap SA level 2. Faktor *dualtask* diuji menggunakan Wilcoxon Signed Rank Test, dan didapatkan hasil bahwa *dualtask* berpengaruh signifikan terhadap SA level 2. Hasil Friedman Test menunjukkan bahwa secara keseluruhan *personality* dan *dualtask* tidak berpengaruh signifikan terhadap SA level 3, karena nilai sig. yang didapat lebih dari alpha (0,05), sehingga tidak perlu dilakukan uji post hoc. Uji post hoc dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Post Hoc Keseluruhan

<i>Independent Variable</i>	<i>Dependent Variable</i>	<i>P-Value</i>	Kesimpulan
<i>Dualtask (Dualtask - Kontrol)</i>	SA	0,001	Berpengaruh signifikan
<i>Personality (Extrovert - Introvert)</i>	SA	0,126	Tidak berpengaruh signifikan
<i>Dualtask (Dualtask - Kontrol)</i>	SA level 1	0,001	Berpengaruh signifikan
<i>Personality (Extrovert - Introvert)</i>	SA level 1	0,362	Tidak berpengaruh signifikan
<i>Dualtask (Dualtask - Kontrol)</i>	SA level 2	0,013	Berpengaruh signifikan
<i>Personality (Extrovert - Introvert)</i>	SA level 2	0,170	Tidak berpengaruh signifikan

3.3 Pengaruh *Personality* terhadap Akurasi *Texting*

Pengujian adanya pengaruh *personality* dan *dualtask* terhadap aktivitas *texting* dilakukan untuk mengetahui apakah nilai SA yang didapatkan memiliki korelasi dengan akurasi responden dalam melakukan *texting*, dimana dalam hal ini adalah membalas *chat*. Hasil uji Mann Whitney U, menunjukkan bahwa p-value lebih dari 0,05. sehingga dapat dikatakan bahwa *personality* tidak berpengaruh signifikan terhadap akurasi *texting* dalam kondisi *dualtask*. Oleh karena itu, tidak perlu dilakukan uji korelasi antara kedua output yaitu akurasi *texting* dengan nilai SA, sehingga nilai SA yang didapat dari responden bukan disebabkan oleh kecenderungan responden lebih fokus terhadap situasi atau *texting* saja.

Hasil uji post hoc menunjukkan bahwa aktivitas *dualtask* yang dilakukan oleh responden mempengaruhi nilai SA secara keseluruhan, dan dalam eksperimen ini *dualtask* yang dilakukan adalah *walking* dan *texting*. Hasil ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Lim dkk. (2015) yang menunjukkan bahwa, *dualtask interference* yang disebabkan oleh penggunaan *mobile phone* sambil berjalan berkaitan dengan meningkatnya beban kognitif dan menurunnya *situation awareness*. Penelitian Perry dkk. (2006) juga menunjukkan bahwa pada kondisi



multitasking, terjadi penurunan atensi akibat adanya beban fisik dan kognitif pada tugas utama dan tambahan yang sedang dilakukan oleh seseorang. Dalam penelitian ini atensi responden terhadap lingkungan sekitar menurun akibat adanya *task* yang harus dilakukan responden yaitu *walking* dan *texting*. Analisis terhadap nilai SA tiap level menunjukkan hasil bahwa *dualtask* berpengaruh signifikan terhadap SA level 1 dan SA level 2, akan tetapi tidak berpengaruh signifikan terhadap SA level 3. Uji post hoc juga menunjukkan bahwa *personality* tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai SA secara keseluruhan. Pada analisis SA per level, *personality* juga tidak berpengaruh signifikan terhadap SA level 1, SA level 2, dan SA level 3. Hasil ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh (Curley dkk., 2017) mengungkapkan bahwa hanya dimensi *openness* yang berpengaruh signifikan terhadap kebenaran pengakuan saksi mata, sedangkan tidak ada pengaruh signifikan antara *personality traits* yang lain terhadap kesaksian saksi mata. Hasil ini berlawanan dengan penelitian yang dilakukan oleh Revianda (2012) dimana pada penelitian tersebut menunjukkan hasil *personality* berpengaruh signifikan terhadap nilai SA. Dalam penelitian tersebut dimensi *personality* yang digunakan sama dengan penelitian ini yaitu dimensi *extraversion*, akan tetapi eksperimen tidak dilakukan secara individu melainkan tim. Pada penelitian ini responden diukur nilai SA secara individu. Perbedaan ini mungkin dapat mempengaruhi hasil yang didapat. Hal ini didukung oleh penelitian (Saus dkk., 2006) yang mengatakan bahwa dimensi *extraversion* mungkin mengindikasikan interaksi sosial yang mendukung kondisi yang positif dalam tim, dimana orang yang memiliki *personality high extraversion* lebih fokus dalam tim. Menurut (Saus dkk., 2012) *high extraversion* mengindikasikan interaksi sosial yang berdampak positif dalam tim, dimana hal ini berpengaruh positif terhadap komunikasi dimana anggota kelompok dapat bertukar informasi dan saling membenarkan informasi satu sama lain. Hal ini menunjukkan bahwa *personality* dimensi *extraversion* dapat mempengaruhi SA secara positif jika dalam tim. Hasil nilai SA tidak memiliki korelasi dengan akurasi *texting* responden. Hasil pengujian menunjukkan dalam kondisi *dualtask*, baik tipe *personality extrovert* maupun *introvert* tidak mempengaruhi akurasi *texting*, sehingga dapat disimpulkan bahwa responden tidak memiliki kecenderungan untuk mengabaikan salah satu hal yaitu kondisi lingkungan sekitar atau ketepatan dalam *texting*.

4. Kesimpulan dan Saran

Dualtask memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai SA secara keseluruhan, SA level 1, dan SA level 2. Hal ini ditunjukkan dengan adanya perbedaan rata-rata nilai SA antara perlakuan kontrol dengan *dualtask*. *Dualtask* menurunkan nilai SA yang diukur berdasarkan akurasi dari kesaksian saksi mata, sehingga aktivitas saksi mata saat terjadi kecelakaan perlu dipertimbangkan karena dapat mempengaruhi *situation awareness* dari saksi mata tersebut. *Personality* tipe *extrovert* dan *introvert* tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai SA secara keseluruhan, SA level 1, SA level 2, dan SA level 3. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya perbedaan rata-rata nilai SA yang diukur berdasarkan akurasi kesaksian saksi mata dari kedua tipe *personality*, sehingga faktor kepribadian tidak perlu dipertimbangkan dalam memilih saksi mata. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, faktor *personality* khususnya pada dimensi *extraversion* tidak memberikan pengaruh signifikan pada SA secara individu, sehingga pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan dimensi *personality* lainnya. Sedangkan untuk aktivitas *dualtask* dapat menggunakan aktivitas lain seperti mendengarkan lagu di *smartphone* atau berbicara menggunakan *smartphone*. Selain itu dalam penelitian ini belum dipertimbangkan variabel independen lain seperti jenis kelamin dari responden yang mungkin dapat mempengaruhi *situation awareness*.



Daftar Pustaka

- Alwisol, 2011, *Psikologi Kepribadian Edisi Revisi*, UMM Press, Malang.
- Anisa, D., 2017, *Pengaruh Multitasking terhadap Situational Awareness Pejalan Kaki dengan Parameter Pemberian Kesaksian Ditinjau dari Dimensi Kepribadian Sensing dan Intuition*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada.
- Arifianti, R.P., 2009, *Hubungan Antara Kecenderungan Kepribadian Extrovert Introvert dengan Burnout pada Perawat*, Paper, Fakultas Psikologi, Universitas Gunadarma.
- Burger, J.M., 1986, *Personality Theory and Research*, Wadsworth, California.
- Curley, L.J, MacLean, R., dan Murray, J., 2017, The Relationship between the Big 5 Personality Traits and Eyewitness Recognition, *Journal of Articles in Support of the Null Hypothesis*, vol. 13, no.2, pp 57-72.
- Endsley, M.R., 1995, Toward A Theory of *Situation awareness* in Dynamic Systems, *Human Factors: The Journal of The Human Factors and Ergonomics Society*, vol. 37, no. 1, pp. 32 - 64.
- Endsley, M. R., Selcon, S. J., Hardiman, T. D., dan Croft, D.G., 1998, A comparative analysis of SAGAT and SART for evaluations of *situation awareness*. *12th International Symposium on Aviation Psychology*, Chicago, IL: USA.
- Eysenck, H.J., 1967, *The Biological Basis of Personality (Vol. 689)*, Transaction Publishers.
- Filice, L., 1995, *Eyewitness Accuracy as a Function of Extraversion and Induces Arousal*, Thesis, Algoma University.
- Haqi, S.N., 2015, *Pemetaan Situasional dengan Kolaborasi Informasi Manusia dan Teknologi untuk Kondisi Darurat*, Skripsi, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada.
- Hyman Jr., I.E., Boss S.M., Wise, B.M., Mckenzie, K.E, dan Caggiano, J.M., 2010, Did You See the Unicycling Clown? Inattention Blindness while Walking and Talking on a Cell Phone, *Applied Cognitive Psychology*, vol. 24, pp. 597-607.
- Irani, F.S., 2008, *The Relationship Among Personality, Stress, and Situation awareness: The Effect of Situation awareness Training*, Dissertation, Auburn University.
- John, O.P., dan Srivastava, S., 1999, The Big-Five Trait taxonomy: History, Measurement, and Theoretical Perspectives, In Pervin L.A., dan John, O.P. (Eds.), *Handbook of Personality: Theory and Research*, vol.2, pp. 102-138, New York, Guildford Press.
- Jones, D.G., dan Endsley, M.R., 2000, Can real-time probes provide a valid measure of *situation awareness*, *Proceedings of the Human Performance, Situation awareness and Automation: User Centred Design for the New Millennium Conference*, October 2000.
- Jones, D.G., dan Kaber, D.B., 2004, In N. Stanton, Hedge, Hendrick, K. Brookhuis, E. Salas (Eds.) *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*, Boca Raton, USA, CRC Press.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2016, *Investigasi*, <http://kbbi.web.id/investigasi>, online accessed on 28 Maret 2016.
- Kompas, 2015, Kebiasaan Orang Indonesia, Pelototi “Smartphone” 5,5 Jam sehari, <http://tekno.kompas.com/read/2015/09/04/11301837/Kebiasaan.Orang.Indonesia.Pelototi.Smartphone.5.5.Jam.Sehari>, online accessed on 7 September 2016.
- Laurence, J.H. dan Matthews M.D., 2012, *The Oxford Handbook of Military Psychology*, Oxford University Press, Oxford.
- Lim, J., Amado, A., Sheenan, L., dan Emmerik, R.E.A., 2015, *Dualtask Interference during Walking: The Effects of Texting on Situational Awareness and Gait Stability*, *Elsevier*, vol. 42, pp. 466-471.
- Neider, M.B., McCarley, J.S., Crowell, J.A., Kaczmariski, H., Kramer, A.F., 2010, Pedestrian, Vehicles, and Cell Phones, *Accident Analysis and Prevention*, vol. 42, pp. 589-594.
- Pashler, 1994, *Dualtask Interference in Simple Tasks: Data and Theory*, *Psychological Bulletin*, vol. 116, no. 2, pp. 220-244.



- Perry, C. M., Sheik-Nainar, M. A., Segall, N., Ma, R. dan Kaber, D.B., 2006, The Effect of Physical Workload on *Situation awareness* and Cognitive Task Performance, *Theo. Issue in Ergo. Sci.*, vol. 9, no. 2, pp. 95-113.
- Ramdhani, N., 2012, Adaptasi Bahasa dan Budaya Inventori Big Five, *Jurnal Psikologi*, vol.39, no. 2, pp 189-207.
- Revianda, E., 2016, *Pengaruh Brown Noise dan Personality Tipe Introvert Extrovert terhadap Situation awareness dengan Akurasi Kesaksian Saksi Mata Secara Berpasangan*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada.
- Saus, E., Johnsen, B.H., dan Eid J., 2006, The Relationship Between Dimensions of Personality and Situational Awareness In A Navigation Simulator, *Proceeding of Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting*. vol 50, no.17, pp. 1726-1729.
- Saus, E., Johnsen, B.H., Eid, J., dan Thayer, J.F., 2012, Who Benefits From Simulator Training: Personality and Heart Rate Variability in Relation to *Situation awareness* During Navigation Training, *Computers in Human Behavior*, vol. 28, pp. 1262-1268.
- Sumutpos, 2015, Tahun Ini 2.820 Kasus Kejahatan di Sumut Belum Terungkap, <http://sumutpos.co/tahun-ini-2-820-kasus-kejahatan-di-sumut-belum-terungkap/>, online accessed on 15 Maret 2016.
- Suryabrata, S., 2003, *Psikologi kepribadian*, Rajawali press, Jakarta.
- Taylor, R.M., 1990, *Situation awareness* Rating Technique (SART): The Development of a Tool for Aircrew Systems Design. In *Situational Awareness in Aerospace Operations* (Chapter 3), NATO-AGARD-CP-478, French.
- Tribun Jogja, 2016, Breakingnews: Mobil Tabrak Pejalan kaki di Tugu Pal Putih, Ada Korban Tewas, <http://jogja.tribunnews.com/2016/05/29/breakingnews-mobil-tabrak-pejalan-kali-di-tugu-pal-putih-ada-korban-tewas>, online accessed on 7 September 2016.
- Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1981, *Hukum Acara Pidana*, Kitab Undang-Undang Hukum Acara Pidana (KUHAP), Jakarta.
- Weinberg, R.S., dan Gould, D., 1999, *Foundation of Sport and Exercise Psychology*, Human Kinetics Publishers.



Halaman ini sengaja dikosongkan



RO – RISET OPERASI



Halaman ini sengaja dikosongkan



Usulan Perbaikan Jadwal Pengisian Kembali Persediaan untuk Produk Susu Kental Manis dengan Metode Heuristik Berbasis *Repetitive Forward Rolling Technique*

Aries Susanty, Singgih Saptadi, Inas Rosita

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Kampus Tembalang, Semarang
Telp. 62247460052
E-mail: ariessusanty@gmail.com

Intisari

Tujuan dari penelitian ini adalah memperbaiki penjadwalan pengisian kembali persediaan produk susu kental manis original dan chocolate sachet pada PT. XYZ. Metode yang digunakan untuk memperbaiki penjadwalan pengisian kembali adalah metode heuristik berbasis repetitive forward rolling technique. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang berupa jumlah permintaan dan kekurangan persediaan produk (stock out) susu kental manis original dan chocolate sachet tahun 2016. Hasil dari pengolahan data menggunakan metode heuristik berbasis repetitive forward rolling technique menunjukkan perubahan jadwal pengisian kembali jika dibandingkan dengan kebijakan saat ini. Jadwal pengisian kembali meningkat menjadi rata-rata dua kali perbulan dari satu kali perbulan. Total biaya persediaan mengalami penurunan sebesar 90-95%, yaitu dari Rp 51.455.220 dan Rp 89.032.020 menjadi Rp 4.800.280 dan Rp 4.269.610. Jumlah produk yang dipesan menurun sekitar 20%, dari 9.000-23.000 kardus dan 7.000-17.000 kardus menjadi 800-18.000 kardus dan 700-13.000 kardus. Disamping itu, jumlah kekurangan persediaan mengalami penurunan menjadi hanya 1% dari kebijakan lama, yaitu 39.308 unit dan 68.780 unit menjadi 77 unit dan 61 unit.

Kata Kunci: penjadwalan pengisian kembali; kekurangan persediaan; susu kental manis; heuristic berbasis forward rolling technique

1 Pendahuluan

Dalam lingkungan yang kompetitif saat ini, ketepatan memiliki jumlah persediaan merupakan salah satu hal penting dalam sistem manajemen persediaan suatu perusahaan (Byrne, 2016). Menurut Limansyah, et al (2011), persediaan pada intinya adalah penyimpanan barang yang berguna sebagai kelancaran proses produksi ataupun kegiatan bisnis suatu perusahaan. Ketepatan memilih jumlah persediaan bertujuan untuk mengatasi permintaan yang datang dari pembeli dan mengatasi permintaan yang tidak menentu dari pembeli (Man-Yi dan Xiao-Wo, 2006). Ada atau tidaknya produk yang diinginkan oleh pembeli dalam persediaan merupakan salah satu hal yang penting dalam rantai pasok. Ketersediaan produk berhubungan dengan sikap pembeli. Jika pembeli tidak mendapatkan produk yang diinginkan, maka pembeli akan memilih untuk beralih kepada penjual lainnya (Byrne, 2016). Terkait dengan ketepatan memiliki jumlah persediaan, suatu perusahaan harus memiliki sistem manajemen persediaan yang baik. Sistem persediaan yang baik adalah ketika ketersediaan produk tidak mengalami *stockout* yang berlebihan agar dapat memenuhi permintaan pembeli (Man-Yi dan Xiao-Wo, 2006). *Stockout* merupakan suatu situasi dimana perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan dari pelanggan yang disebabkan tidak adanya persediaan untuk memenuhi permintaan yang datang dari pembeli (Vasconcellos dan Sampaio, 2008). Menurut Astanti, et al (2014), Permasalahan *stockout* dapat diatasi dengan cara mengetahui titik *stockout* agar dapat menyesuaikan waktu pengisian kembali persediaan dengan kuantitas tertentu. Jadwal dan kuantitas pengisian kembali persediaan produk



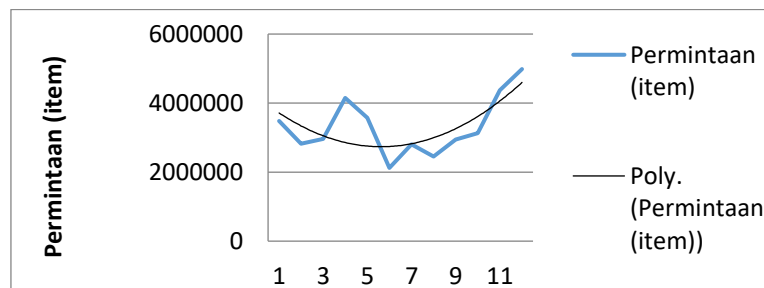
pada suatu perusahaan harus diperhatikan agar kuantitas stockout tidak terlalu besar dan biaya total persediaan optimal.

PT. XYZ merupakan sebuah perusahaan distributor nasional yang terletak di Jl. Kaligawe no. 136 Semarang. Saat ini, PT. XYZ mendistribusikan berbagai jenis produk, mulai dari bahan baku, produk makanan dan minuman, sampai dengan produk kesehatan. Salah satu produk yang didistribusikan oleh PT. XYZ cabang Semarang adalah produk susu. Hasil studi pendahuluan mengindikasikan bahwa PT. XYZ seringkali mengalami kekurangan persediaan (*stockout*) atas produk susu yang didistribusikannya. Secara rinci, rata-rata jumlah *stockout* dan biaya *stockout* perbulan dari tiga jenis produk susu yang didistribusikan oleh PT. XYZ dapat dilihat pada Tabel 1. Angka-angka pada Tabel 1 menunjukkan bahwa produk susu kental manis adalah produk susu yang memiliki jumlah dan biaya *stockout* perbulan yang paling tinggi. Dalam hal ini, biaya *stockout* merupakan biaya yang harus rela ditanggung oleh perusahaan karena ketidakmampuan perusahaan untuk memenuhi permintaan dari pembeli (Astanti dan Luong, 2014).

Tabel 1. Rata-Rata Jumlah Stockout Produk Susu selama Tahun 2016

	Rata-rata per-bulan (unit)		
	Susu Bubuk	Susu Cair	Susu Kental Manis
Rata-rata ketersediaan/bulan	7.404	96.504	3.307.790
Rata-rata permintaan/bulan	7.497	97.068	3.317.740
Rata-rata stockout/bulan	93	564	9.951
Rata-rata biaya stockout/bulan	Rp 4.030.300	Rp 2.586.959	Rp 12.683.663

Pada dasarnya, *stockout* yang dialami oleh PT. XYZ merupakan dampak dari ketidakmampuan PT. XYZ dalam memilih metode penjadwalan untuk pengisian ulang produk susu yang sesuai dengan pola permintaan dari suatu produk, khususnya, produk susu kental manis. Pada minggu ketiga setiap bulannya, PT. XYZ akan melakukan pemesanan produk susu kental manis kepada pihak manufaktur. Besarnya jumlah yang dipesan dihitung berdasarkan pada rata-rata jumlah penjualan susu kental manis selama enam bulan terakhir. Perhitungan jumlah barang yang dipesan kepada pihak manufaktur susu disebut dengan *targeting*. Dasar permintaan rata-rata jumlah permintaan produk susu kental manis selama enam bulan terakhir sebagai acuan untuk melakukan pemesanan atas produk tersebut mengindikasikan bahwa PT. XYZ memiliki asumsi pola data dari permintaan produk susu cenderung linier walaupun pada kenyataannya permintaan produk susu memiliki pola data yang non-linier. Menurut Astanti, et al (2014), metode penjadwalan pengisian kembali persediaan harus memperhatikan pola permintaan yang datang. Asumsi bahwa pola permintaan non-linier lebih menggarbarkan pola permintaan suatu produk karena sebuah produk memiliki suatu siklus hidup, yaitu *growth*, *mature*, dan *decline*. Secara grafis, ketidalinier dari pola data dari permintaan produk susu kental manis selama tahun 2016 dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Grafik Permintaan Produk Susu Kental Manis Selama Tahun 2016

Secara ringkas, adanya perbedaan antara pola data produk susu kental manis yang diasumsikan oleh PT. XYZ dengan kondisi yang sebenarnya telah menyebabkan adanya

ketidakkcocokan dalam pemilihan metode penjadwalan pengisian kembali produk susu kental manis. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini mengusulkan agar PT. XYZ melakukan penjadwalan ulang pengisian kembali produk susu kental berdasarkan pada metode *heuristic* berbasis *repetitive forward rolling technique*.

2 Metodologi

2.1 Obyek Penelitian

Dalam penelitian ini yang menjadi objek penelitian adalah XYZ yang merupakan distributor nasional yang berlokasi di Jl. Kaligawe no. 136 Semarang. PT. XYZ terkenal dengan mendistribusikan beberapa jenis produk, salah satunya adalah produk susu. Penelitian difokuskan pada produk jenis susu kental manis *original sachet* 120 x 40g (kode produk 79410) dan susu kental manis *chocolate sachet* 120 x 40g (kode produk 794104). Masing-masing produk tersebut dijual pada harga Rp. 1.275. Adapun data permintaan dan *stockout* dari produk susu kental manis *original sachet* 120 x 40g dan susu kental manis *chocolate sachet* 120 x 40g pada tahun 2016 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data Permintaan dan *Stockout* Produk Susu Kental Manis Original Sachet 120 x 40g dan Susu Kental Manis Chocolate Sachet 120 x 40g tahun 2016

Bulan	Susu Kental Manis Original Sachet 120 x 40g (794103)		Susu Kental Manis Chocolate Sachet 120 x 40g (794104)	
	Permintaan	Stockout	Permintaan	Stockout
Januari	1.994.484	3.204	1.457.070	6.270
Februari	1.516.806	3.486	1.288.500	5.580
Maret	1.749.402	2.202	1.198.597	7.957
April	2.437.884	3.804	1.680.150	4.350
Mei	2.180.244	3.084	1.367.214	5.214
Juni	1.173.288	2.568	937.326	5.406
Juli	1.573.932	3.972	1.218.576	4.776
Agustus	1.313.772	2.892	1.129.584	5.064
September	1.206.048	2.448	1.726.878	6.678
Oktober	1.870.722	2.682	1.239.606	7.206
November	2.457.084	4.764	1.884.085	5.485
Desember	2.859.722	3.482	2.083.332	4.812
TOTAL	22.333.388	38.588	17.210.918	68.798

2.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan suatu hal yang menjadi fokus utama pada penelitian (Arikunto, 2006). Variabel penelitian ditetapkan oleh peneliti untuk selanjutnya dipelajari dan ditarik kesimpulan (Sugiyono, 2010). Variabel yang digunakan pada penelitian dengan menggunakan metode *heuristic* berbasis *repetitive forward rolling technique* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Variabel Penelitian

No	Variabel	Kode	Definisi
1	Rentang waktu	H	Lamanya waktu yang ingin dibuat penjadwalan pengisian kembali persediaan. Rentang waktu dalam penelitian adalah satu tahun.
2	Permintaan /unit	f(t)	Permintaan pembeli terhadap susu kental manis perbulan dalam bentuk fungsi.
3	Biaya pesan	C ₁	Biaya pesan merupakan biaya yang muncul saat perusahaan melakukan pemesanan dari pemasok (Durlinger, 2012). Dalam penelitian ini, biaya pesan biaya tenaga kerja langsung, biaya penggunaan



No	Variabel	Kode	Definisi
			internet, dan biaya kertas. Biaya pesan berjumlah Rp.111.460 per pemesanan
4	Biaya simpan/unit/waktu	C_2	Biaya simpan merupakan biaya yang muncul saat perusahaan menyimpan produk di suatu tempat penyimpanan (Vrat, 2014). Dalam penelitian ini, biaya simpan dari produk susu kental manis pertahun diasumsikan sebesar 50% dari harga jual karena susu termasuk ke dalam golongan barang yang mudah rusak (Garner dan Owen, 2010). Dengan demikian, biaya pesan perbulan dari produk susu kental manis original sachet 120 x 40g (kode produk 79410) dan susu kental manis chocolate sachet 120 x 40g adalah Rp.53/unit/bulan.
5	Biaya kekurangan/unit	C_3	Biaya kekurangan produk merupakan biaya yang muncul karena perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan yang datang dari pembeli (Vrat, 2014). PT. XYZ melakukan perhitungan biaya kekurangan dengan menggunakan harga jual produk. Dengan demikian biaya kekurangan adalah Rp. 1.275 per unit.
6	Jumlah pengisian kembali persediaan	n	Jumlah jadwal pengisian kembali persediaan produk susu kental manis perbulan selama periode satu tahun.
7	Titik pengisian kembali persediaan	t_i	Titik pengisian kembali persediaan perbulannya dalam periode satu tahun.
8	Titik kekurangan persediaan	S_i	Titik dimana perusahaan tidak memiliki persediaan untuk memenuhi permintaan pembeli perbulannya dalam periode satu tahun.
9	Biaya total persediaan	$C(n, \{S_i\}, \{t_i\})$	Biaya total persediaan terdiri dari total biaya pesan, biaya simpan, dan biaya kekurangan
10	Kuantitas kekurangan persediaan	S	Kuantitas kekurangan persediaan yang terjadi pada penjadwalan baru.
11	Kuantitas pesan	$F(t_i)$	Jumlah produk yang dipesan pada waktu i .

2.3 Teknik Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan metode metode heuristik berbasis *repetitive forward rolling technique* dari Astanti, et al (2014), yang akan diselesaikan dengan bantuan *software Microsoft Excel* dan *Matlab*. Pemilihan menggunakan kedua *software* ini adalah karena *software* tersebut merupakan suatu pemrograman yang terfokus untuk komputasi matematik, melakukan analisis data, dan pengembangan algoritma. Secara rinci, tahapan pengolahan data dari metode *heuristik* berbasis *repetitive forward rolling technique* dapat diuraikan sebagai berikut.

a. Menghitung Jadwal Pengisian kembali Persediaan

- Mengubah angka permintaan ke dalam bentuk fungsi

$$f(t) = at^3 + bt^2 + c \quad (1)$$

$$F(t) = \int f(t) dt \quad (2)$$

- Mencari jumlah pengisian kembali persediaan (n)

$$n = \text{round integer of } \{ [C_2 C_3 H(F(H))] / [2C_1 (C_2 + C_3)] \}^{1/2} \quad (3)$$

- Mencari titik pengisian kembali persediaan awal (t_i) dan titik kekurangan persediaan (S_i)

$$t_i = (i-1)/n \quad (4)$$



$$S_i = \frac{[C_2 \times t_i] + [C_3 \times t(i+1)]}{C_2 + C_3} \quad (5)$$

- Mencari titik pengisian kembali persediaan (t_i^*) dan titik kekurangan persediaan (S_i^*) optimal

$$F(t_{i+1}) = \frac{[C_2 \times F(S_{i+1})] + [C_3 \times F(S_i)]}{C_2 + C_3} \quad (6)$$

$$S_i^* = \frac{[C_2 \times t_i] + [C_3 \times t(i+1)]}{C_2 + C_3} \quad (7)$$

b. Menghitung Biaya Total Persediaan

$$C(n, \{S_i\}, \{t_i\}) = nC_1 + C_2 \sum_{i=1}^n \{(S_i - t_i)F(S_i) - \int_{t_i}^{S_i} F(t)dt\} + C_3 \sum_{i=1}^{n-1} \{(S_i - t_{i+1})F(S_i) + \int_{S_i}^{t_{i+1}} F(t)dt\} \quad (8)$$

c. Menghitung Kuantitas Pesanan Produk

$$F(t_i) = \int f(t_i) dt \quad (9)$$

d. Menghitung Kuantitas Kekurangan Persediaan produk

$$S = \sum_{i=1}^n \{(S_i - t_i)F(S_i) - \int_{t_i}^{S_i} F(t)dt\} \quad (10)$$

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan dengan menggunakan Persamaan 1 sampai dengan 7 mengindikasikan bahwa perusahaan harus melakukan pemesanan atau pengisian kembali atas susu kental manis original sachet 120 x 40g (**794103**) sebanyak 23 kali dan melakukan pemesanan atau pengisian kembali atas susu sental manis chocolate sachet 120 x 40g (**794104**) sebanyak 20 kali. Secara rinci, jadwal pemesanan atau pengisian kembali dari kedua jenis produk susu ketanl manis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Jadwal Pemesanan atau Pengisian Kembali Produk Susu Kental Manis Original Sachet 120 x 40g (794103) dan Susu Kental Manis Chocolate Sachet 120 x 40g (794104)

Susu Kental Manis Original Sachet 120 x 40g (794103)					Susu Kental Manis Chocolate Sachet 120 x 40g (794104)				
i	Titik pengisian kembali persediaan (t_i)	Tanggal	Titik kekurangan persediaan (S_i)	Tanggal	i	Titik pengisian kembali persediaan (t_i)	Tanggal	Titik kekurangan persediaan (S_i)	Tanggal
1	0	-	0,0418	0	1	0	-	0,0480	17 Januari
2	0,0435	16 Januari	0,0853	0,0435	2	0,0500	18 Januari	0,0980	5 Februari
3	0,0870	2 Februari	0,1287	0,0870	3	0,1000	6 Februari	0,1480	23 Februari
4	0,1304	17 Februari	0,1722	0,1304	4	0,1500	24 Februari	0,1980	11 Maret
5	0,1739	3 Maret	0,2157	0,1739	5	0,2000	12 Maret	0,2480	29 Maret
6	0,2174	19 Maret	0,2592	0,2174	6	0,2500	30 Maret	0,2980	17 April
7	0,2609	4 April	0,3026	0,2609	7	0,3000	18 April	0,3480	5 Mei
8	0,3043	20 April	0,3461	0,3043	8	0,3500	6 Mei	0,3980	23 Mei
9	0,3478	6 Mei	0,3896	0,3478	9	0,4000	24 Mei	0,4480	11 Juni
10	0,3913	21 Mei	0,4331	0,3913	10	0,4500	12 Juni	0,4980	29 Juni
11	0,4348	7 Juni	0,4766	0,4348	11	0,5000	30 Juni	0,5480	17 Juli
12	0,4783	23 Juni	0,5200	0,4783	12	0,5500	18 Juli	0,5980	5 Agustus
13	0,5217	8 Juli	0,5635	0,5217	13	0,6000	6 Agustus	0,6480	23 Agustus
14	0,5652	24 Juli	0,6070	0,5652	14	0,6500	24 Agustus	0,6980	11 September
15	0,6087	10 Agustus	0,6505	0,6087	15	0,7000	12 September	0,7480	29 September
16	0,6522	25 Agustus	0,6940	0,6522	16	0,7500	30 September	0,7980	17 Oktober



Susu Kental Manis Original Sachet 120 x 40g (794103)					Susu Kental Manis Chocolate Sachet 120 x 40g (794104)				
i	Titik pengisian kembali persediaan (t_i)	Tanggal	Titik kekurangan persediaan (S_i)	Tanggal	i	Titik pengisian kembali persediaan (t_i)	Tanggal	Titik kekurangan persediaan (S_i)	Tanggal
17	0,6957	11 September	0,7374	0,6957	17	0,8000	18 Oktober	0,8480	5 November
18	0,7391	27 September	0,7809	0,7391	18	0,8500	6 November	0,8980	23 November
19	0,7826	12 Oktober	0,8244	0,7826	19	0,9000	24 November	0,9480	11 Desember
20	0,8261	28 Oktober	0,8678	0,8261	20	0,9500	12 Desember		
21	0,8696	14 November	0,9113	0,8696					
22	0,9130	28 November	0,9548	0,9130					
23	0,9565	15 Desember		0,9565					

Selanjutnya, dengan menggunakan persamaan no 8 dapat dihiutug biaya total persediaan. Biaya total persediaan dari produk susu kental manis original sachet 120 x 40g (794103) adalah Rp 4.800.270, dan biaya total persediaan untuk produk susu kental manis *chocolate sachet* 120 x 40g (794104). adalah Rp 4.269.600. Adapun Rincian dari jumlah yang dipesan untuk setiap kali pesan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Jumlah Pemesanan dari Produk Susu Kental Manis Original Sachet 120 x 40g (794103) dan Susu Kental Manis Chocolate Sachet 120 x 40g (794104)

Susu Kental Manis Original Sachet 120 x 40g (794103)			Susu Kental Manis Chocolate Sachet 120 x 40g (794104)		
i	Jumlah produk yang dipesan pada waktu i. (F_i) (dalam unit)	Jumlah produk yang dipesan pada waktu i. (F_i) (dalam kardus)	i	Jumlah produk yang dipesan pada waktu i. (F_i) (dalam unit)	Jumlah produk yang dipesan pada waktu i. (F_i) (dalam kardus)
1	0		1	0	
2	106.669	889	2	84.237	702
3	212.734	1.773	3	168.012	1.401
4	318.199	2.652	4	251.330	2.095
5	423.068	3.526	5	334.195	2.785
6	527.346	4.395	6	416.611	3.472
7	631.038	5.259	7	498.584	4.155
8	734.148	6.118	8	580.118	4.835
9	836.681	6.972	9	661.216	5.511
10	938.641	7.822	10	741.884	6.183
11	1.040.034	8.667	11	822.125	6.852
12	1.140.862	9.507	12	901.945	7.517
13	1.241.131	10.343	13	981.347	8.178
14	1.340.846	11.174	14	1.060.337	8.837
15	1.440.011	12.000	15	1.138.917	9.491



Susu Kental Manis Original Sachet 120 x 40g (794103)			Susu Kental Manis Chocolate Sachet 120 x 40g (794104)		
16	1.538.630	12.822	16	1.217.094	10.143
17	1.636.708	13.639	17	1.294.871	10.791
18	1.734.250	14.452	18	1.372.253	11.436
19	1.831.260	15.261	19	1.449.243	12.078
20	1.927.742	16.065	20	1.525.847	12.716
21	2.023.702	16.864			
22	2.119.144	17.660			
23	2.214.071	18.451			

Jumlah *stockout* dari produk susu kental manis *original sachet* 120 x 40g (794103) dan susu kental manis *chocolate sachet* 120 x 40g (794104) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 10. Dengan menggunakan metode yang diusulkan, jumlah *stockout* dari produk susu kental manis *original sachet* 120 x 40g adalah 77 unit pertahun dan jumlah *stockout* dari susu kental manis *chocolate sachet* 120 x 40g adalah 63 unit pertahun.

Secara ringkas, perbandingan antara kebijakan pemesanan produk atau pengisian ulang dengan metode yang saat ini digunakan oleh perusahaan dan dengan menggunakan metode baru yang diusulkan dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Perbandingan antara Kebijakan Pemesanan atau Pengisian Ulang dengan Menggunakan Metode Saat ini dan dengan Menggunakan Metode yang Diusulkan

No	Kategori	Susu Kental Manis Original Sachet 120 x 40g (794103)		Susu Kental Manis Chocolate Sachet 120 x 40g (794104)	
		Metode Lama	Metode yang Diusulkan	Metode Lama	Metode yang Diusulkan
1	Titik <i>stockout</i> dalam satu tahun	12	23	12	20
2	Jumlah produk yang dipesan/tahun (kardus)	9.000-23.000	800-18.000	7.000-17.000	700-13.000
3	Jumlah <i>stockout</i> (unit/tahun)	39.308	77	68.780	61
4	a. Total biaya pesan dan biaya simpan/tahun	Rp 1.337.520	Rp 4.711.170	Rp 1.337.520	Rp 4.192.330
	b. Total biaya kekurangan/tahun	Rp 50.117.700	Rp 89.110	Rp 87.694.500	Rp 77.280
	c. Total biaya persediaan/tahun	Rp 51.455.220	Rp 4.800.280	Rp 89.032.020	Rp 4.269.610

Dapat dilihat bahwa metode yang diusulkan memberikan perubahan yang cukup signifikan dibandingkan dengan metode yang lama. Perubahan yang signifikan ini dikarenakan dasar perhitungan dari kebijakan lama dan kebijakan baru berbeda. Dasar perhitungan untuk kebijakan lama hanya dari rata-rata penjualan selama enam bulan kebelakang, sedangkan kebijakan baru memperhatikan pola permintaan yang datang. Tidak dapat dipungkiri bahwa terdapat beberapa hal yang memang harus lebih diperhatikan, seperti transportasi yang digunakan. Hal ini dapat diatasi dengan pengkajian dan penyesuaian kebijakan baru dengan keadaan yang sebenarnya diperusahaan.



4 Kesimpulan dan Saran

Setelah menggunakan metode penjadwalan baru dengan metode heuristik berbasis *repetitive forward rolling technique*, maka jadwal pemesanan atau pengisian kembali persediaan yang sebelumnya adalah 1 kali dalam sebulan atau 12 kali dalam setahun menjadi rata-rata 2 kali dalam sebulan atau 23 kali dalam setahun untuk produk susu kental manis original sachet dan rata-rata 2 kali dalam sebulan atau 20 kali dalam setahun untuk produk susu kental manis chocolate sachet. Total biaya persediaan yang harus dikeluarkan oleh PT. XYZ mengalami penurunan sebesar 90-95%, yaitu menjadi sebesar Rp 4.800.280 untuk produk susu kental manis original sachet dan Rp 4.269.610 untuk produk susu kental manis chocolate sachet. Kuantitas yang harus dipesan oleh PT. XYZ juga mengalami penurunan sebesar sekitar 20%, yaitu menjadi 800-18.000 kardus untuk produk susu kental manis original sachet dan 700-13.000 kardus untuk produk susu kental manis chocolate sachet perbulannya untuk sekali melakukan pemesanan. Kuantitas kekurangan persediaan yang dialami PT. XYZ mengalami penurunan menjadi hanya 1% dari kebijakan lama, yaitu sebesar 77 unit dari sebelumnya 39.308 unit untuk susu kental manis original sachet dan 61 unit dari sebelumnya 68.780 unit untuk produk susu kental manis chocolate sachet.

Penelitian yang dilakukan baru mencapai tahap usulan, diperlukan pengkajian mengenai transportasi yang akan digunakan untuk mengimplementasikan kebijakan baru agar tidak merugikan pihak perusahaan. Pengkajian ulang masalah transportasi ini perlu dilakukan karena kebijakan baru mengharuskan perusahaan melakukan pengisian kembali persediaan sebanyak lebih dari satu kali setiap bulannya. Selain itu, untuk penelitian selanjutnya diperlukan variabel *leadtime* agar penjadwalan lebih sesuai dengan keadaan yang sebenarnya pada perusahaan.

Daftar Pustaka

- Astanti, R. D., and Luong, H. T., 2014, A Repetitive Forward Rolling Technique for Inventory Policy with Non-Linear Increasing Demand Pattern Considering Shortage, *International Journal Mathematics in Operational Research*, Vol. 6 pp. 217-235.
- Byrne, A. S., 2016, Retail Supply Chain Service Levels: The Role of Inventory Storage, *Emerald Insight*, pp 1-18.
- Durlinger, I. P., 2012, Inventory and Holding Costs, *Durlinger Consultancy*, Vol. 1 pp. 1-7.
- Garner, and Owen, G., 2010, Approaches for Calculating of Holding Costs in the Context of Greenfield Residential Development. *16th Pacific Rim Real Estate Society Conference*, pp 1-16.
- Limansyah, T., and Lesmono, D., 2011. Model Persediaan Multi Item dengan Mempertimbangkan Kadaluaarsa dan Faktor All Unit Discount, *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 13, No. 2, pp. 87-94.
- Man-Yi, T., and Xiao-Wo, T., 2006, The Further Study of Safety Stock Under Uncertain Environment. *Springer Science+Business Media*, pp 193-202.
- Vasconcellos, L. H., and Sampaio, M., 2008, The Stockouts Study: an Examination of the Extent and the Causes in the Sao Paulo Supermarket Sector, *ANPAD*, Vol. 6 pp. 263-279.
- Vrat, P., 2014, Materials Management, *Springer Texts in Business and Economics*, pp. 21-36.



Penggunaan Model Regresi Linier Untuk Menyatakan Hubungan Fungsional Antara Massa Bahan Baku, Durasi Ekstraksi, Dan Jumlah Pencelupan Terhadap Tingkat Ketuaan Warna Kain Batik Dengan Bahan Pewarna Alami Jalawe

**Boby Tri Nugroho, Nurroh Habibah, Intan Ekki Shafirra, Nur Rifa Setyafani,
dan Andi Sudiarso**

Program Studi Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik,
Universitas Gadjah Mada

Alamat: Jl. Grafika No.2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281

Telp: (0274) 521673, 6492181

E-mail: benediktusbobytrinugroho@gmail.com

Intisari

*Batik merupakan warisan budaya Indonesia yang sangat penting untuk dilestarikan. Zat pewarna batik semakin lama mulai bergeser dari yang awalnya menggunakan pewarna berbahan alami menjadi menggunakan pewarna berbahan sintetis. Pewarna sintetis lebih sering digunakan karena harganya yang murah dan dapat menyerap lebih cepat pada kain, namun pewarna tersebut dapat mencemari lingkungan. Banyak pengerajin batik yang sudah sadar akan pencemaran lingkungan tersebut, tetapi hingga saat ini penggunaan pewarna berbahan sintetis masih sering dijumpai. Minimnya penggunaan pewarna berbahan alami disebabkan karena tidak adanya acuan yang dapat digunakan oleh pengrajin dalam melakukan proses pewarnaan pada kain. Penelitian ini dilakukan untuk merumuskan persamaan regresi linear yang menyatakan hubungan fungsional antara massa bahan baku, durasi ekstraksi, dan jumlah pencelupan terhadap tingkat ketuaan warna kain batik menggunakan pewarna alami berbahan Jalawe (*Terminalia Bellirica*) dan fiksator Tunjung yang kemudian dapat dijadikan acuan para pengerajin batik untuk memperoleh komposisi yang tepat dalam menggunakan pewarna alami pada batik. Bahan Jalawe dengan konsentrasi 50gr/L, 67gr/L, dan 100gr/L dilakukan 3 perlakuan pemanasan dengan lama 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Kemudian dilakukan pewarnaan pada kain mori yang telah dicelupkan pada larutan tawas dan TRO (Turkish Red Oil), dilakukan fiksasi/ pengikatan menggunakan Tunjung, hingga dilakukan proses pelorodan. Didapatkan persamaan sebagai berikut $L=37.2813-0.215m-0.086t-1.214f$ dimana L menunjukkan tingkat ketuaan warna, m adalah massa bahan, t adalah durasi ekstraksi, dan f adalah jumlah pencelupan.*

Kata Kunci: Batik, pewarna alami, lingkungan

1. Pendahuluan

Penggunaan pewarna tekstil berbahan sintetis saat ini mulai dirasakan dampak negatifnya terhadap lingkungan. Dampak yang ditimbulkan antara lain adalah pencemaran air dan tanah oleh bahan-bahan yang bersifat karsinogenik ataupun dapat menimbulkan penurunan kadar oksigen di dalam air. Untuk meminimalisir dampak tersebut maka penggunaan pewarna tekstil berbahan alami mulai dilakukan.

Pewarna alami dapat dihasilkan melalui proses ekstraksi dari berbagai bagian tanaman seperti kulit, daun, batang, buah dan akar. Indonesia dengan kekayaan alamnya memiliki potensi yang sangat besar dalam hal pengembangan pewarna alami. Terdapat lebih dari 150 jenis bahan pewarna alami yang telah diidentifikasi dan digunakan di Indonesia (Husodo, 1999).



Selain dapat mengurangi dampak negatif dari limbah hasil pewarna berbahan tekstil, limbah hasil pewarna alami juga dapat dimanfaatkan kembali menjadi kompos ataupun campuran pada pakan ternak.

Pada penelitian kali ini digunakan buah Jalawe sebagai bahan dasar pewarna alami, yang dapat menghasilkan warna biru kehitaman dengan menggunakan pengikat tunjung. Peran pengikat (fiksator) pada proses pewarnaan dengan pewarna alami adalah untuk mempertajam dan mengunci warna agar tidak mudah luntur (Made, 2015). Selain itu terdapat faktor lain yang mempengaruhi kualitas warna dari pewarna alami seperti komposisi bahan, lama proses ekstraksi dan jumlah pencelupan.

Dari uraian diatas maka pada penelitian ini dilakukan perumusan hubungan antara faktor yang berpengaruh terhadap kualitas warna pada kain batik menggunakan bahan pewarna alami dengan indikator ketuaan warna pada kain. Bahan pewarna yang digunakan adalah Jalawe dengan fiksator tunjung, pemilihan tunjung didasari oleh sifat tunjung yang tidak berbahaya bagi lingkungan.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pewarna alami berbahan Jalawe sebagai pewarna tekstil khususnya batik sehingga dapat dijadikan acuan dalam penggunaan pewarna alami bagi pengrajin ataupun pengusaha batik sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan pewarna sintetis.

2. Metodologi

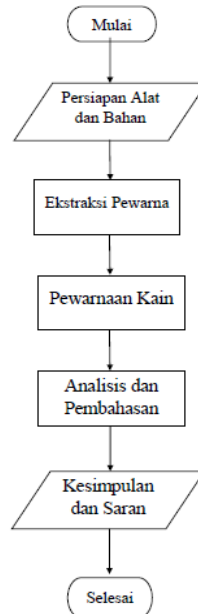
2.1 Alat dan Bahan

- a. Buah Jalawe (*Terminalia Bellirica*) dengan konsentrasi 50gr/L, 67gr/L, dan 100gr/L,
- b. Fiksator Tunjung ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$),
- c. Air sebagai pelarut,
- d. Larutan (*Turkish Red Oil*) dan Tawas sebagai *pretreatment* pada media kain mori,
- e. Kain mori
- f. Panci besar dan pengaduk sebagai alat ekstraksi,
- g. Timbangan analitik,
- h. Gelas ukur,
- i. Deterjen,
- j. Saringan,
- k. Aplikasi pengolah warna *photoshop*,
- l. Ms. Excel, dan
- m. *Scanner*.



2.2 Prosedur

Prosedur penelitian dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. *Flow Chart* Penelitian

Pembuatan ekstrak pewarna dilakukan dengan cara memanaskan buah Jalawe kering dengan air. Masing-masing konsentrasi buah Jalawe (50gr/L, 67gr/L, dan 100gr/L) dipanaskan selama 30 menit, 60 menit, dan 120 menit dengan cara berseling yaitu 5 menit pemanasan dan 10 menit pendinginan.

1. Proses pewarnaan kain meliputi proses: pencelupan kain mori dengan tawas dan TRO, pewarnaan dengan Jalawe, fiksasi menggunakan tunjung, dan pelorodan. Kain mori kemudian dicuci menggunakan deterjen untuk melihat ketahanan warnanya.
2. Pada proses analisis dan pembahasan dilakukan proses *scanning* terhadap sampel kain mori untuk kemudian diidentifikasi warna yang dihasilkan menggunakan *system* warna Hunter. Kemudian dari hasil tersebut ditentukan persamaanya menggunakan regresi linear dan dilakukan validasi menggunakan *T-test*.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Tingkat Ketuaan Warna



Gambar 2. Sampel Hasil Pewarnaan pada Kain

Tabel 1. Identifikasi Warna Kain

	1			2			3		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
50/0.5	25	5	-13	22	0	-8	22	3	-12
50/1	24	2	-6	20	4	-3	20	2	-8
50/1.5	19	2	-4	15	2	-8	14	2	-4
67/0.5h	16	3	-12	16	4	-10	15	2	-7
67/1h	12	2	-9	12	2	-5	11	1	-7
100/0.5	11	6	-12	11	2	-5	11	3	-7
100/1	11	3	-11	10	0	-5	8	0	-2

Dari data identifikasi tersebut dipilih nilai L sebagai acuan dalam menentukan tingkat ketuaan kain, semakin tinggi nilai L maka warna pada kain akan semakin cerah (pudar) sedangkan semakin rendah nilai L maka warna pada kain akan semakin gelap. (Indrayani, 2012).

3.2 Regresi Linear

Dari data yang diperoleh kemudian dilakukan pendekatan dengan regresi linier untuk mendapatkan persamaan untuk menentukan tingkat ketuaan warna pada kain.

Tabel 2. Hasil Regresi Linear

	<i>Coeff</i>	<i>SE</i>	<i>tStat</i>	<i>P-value</i>
<i>Intercept</i>	37.29	2.93	12.71	4.18E-10
<i>X1</i>	-0.22	0.03	-8.10	3.09E-07
<i>X2</i>	-0.09	0.03	-3.29	0.004324
<i>X3</i>	-1.21	0.65	-1.87	0.07898

Persamaan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$L = 37.2813 - 0.215m - 0.086t - 1.214f$$

Dimana:

L = Tingkat kejenuhan warna

m = Massa bahan

t = Durasi ekstraksi

f = Jumlah pencelupan

3.3 Uji T

Persamaan yang diperoleh dilakukan pengujian T untuk melihat apakah terdapat perbedaan signifikan antara hasil pengukuran aktual dengan hasil perhitungan dengan persamaan regresi.

Tabel 3. Hasil Uji-T

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
<i>Mean</i>	15.47619	15.46867
<i>Variance</i>	25.7619	20.73695
<i>Observations</i>	21	21
<i>Pearson Correlation</i>	0.897206	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	20	
<i>t Stat</i>	0.015378	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	0.493941	
<i>t Critical one-tail</i>	1.724718	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	0.987883	
<i>t Critical two-tail</i>	2.085963	

Dengan melihat hasil uji t pada kedua sampel data aktual dan perhitungan dengan persamaan regresi, didapatkan nilai p lebih besar dari α 0.05. Dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara perhitungan regresi dengan nilai aktual.

4 Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian ini memberikan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Faktor yang paling berpengaruh pada tingkat kecerahan warna pada kain dengan pewarna alami berbahan Jalawe dengan fiksator tunjung adalah jumlah pencelupan.
2. Persamaan yang dihasilkan dapat digunakan untuk menentukan tingkat kecerahan warna pada kain dengan bahan pewarna Jalawe dan fiksator tunjung.

Sebagai saran untuk penelitian kedepan perlu dilakukan pengujian tingkat kecerahan warna dengan metode atau standar lain sehingga dapat diperoleh hasil persamaan yang lebih akurat.



Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Tim KKN-PPM UGM 2017 KP-04 yang telah bekerjasama untuk menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Agung. 2013. Edia: Kurangi Pencemaran, Hidupkan Kembali Pewarna Alami. UGM, Yogyakarta, akses online pada 17 Agustus 2017, URL: <http://www.ugm.ac.id/id/post/page?id=5464>.
- Hartini, S., Sinta, Dyah. 2014. Model Pemilihan Bahan Pewarna Alam Coklat Batik Tulis Solo Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP). *Journal J@TI Undip*, Vol. IX, No. 2.
- Husodo, T. 1999. *Peluang Zat Pewarn Alami untuk Pengembangan Produk Industri Kecil dan Menengah Kerajinan dan Batik*. Yogyakarta: Departemen Perindustrian dan Perdagangan.
- Indrayani. 2012. *Tugas Akhir: Model Pengeringan Lapisan Tipis Temu Putih*. Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Hasanudin. Makasar.
- Kasmudjo dan Panji. 2011. Pemanfaatan Daun Indigofera Sebagai Pewarna Alami Batik. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI) XIV*. Yogyakarta.
- Rini, S., Sugiarti, Melani. 2011. *Pesona Warna Alami Indonesia*. Kehati. Jakarta.



Analisis Keputusan Pemilihan Kemasan Ikan Asap Tradisional Untuk Meningkatkan Nilai Penjualan

Dwi Nurul Izzhati, Hasan Mastrisiswadi, Tita Talitha

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Dian Nuswantoro Semarang
Jl. Nakula I No.5-11, Semarang 50131
Telp. (024) 3555628
E-mail: izzhati@yahoo.com

Intisari

Peningkatan nilai penjualan perlu adanya inovasi pemasaran untuk mempersiapkan ketatnya persaingan khususnya industri perikanan serta masuknya produk-produk impor sebagai akibat dibukanya Masyarakat Ekonomi Asean. Salah satunya dengan pemilihan kemasan untuk menarik konsumen dan meningkatkan nilai jual. Dengan menggunakan metode AHP dapat memperhitungkan kriteria dan menganalisa alternatif terbaik. Berdasarkan dari hasil survey pemilihan kemasan ikan asap (smoked fish) kriteria bahan memiliki nilai preferensi tertinggi 47% dalam pemilihan kemasan ikan asap, kriteria itu diikuti oleh bentuk, ukuran, topografi, logo dan warna. Berdasarkan peringkat kriteria pemilihan kemasan ikan asap maka kemasan dari kardus 53% lebih disukai dari pada kemasan dari plastik 26% dan Kaleng 22%.

Kata Kunci: nilai penjualan, AHP, preferensi, kemasan

1. Pendahuluan

Pemasaran merupakan ujung tombak dari sebuah perusahaan, kemampuan produksi tanpa diimbangi kemampuan untuk menjual bukanlah tujuan didirikannya sebuah industri atau usaha. Salah satu parameter dari industri yang sukses adalah adanya inovasi pemasaran untuk meningkatkan nilai penjualan. Nilai penjualan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kemampuan industri/usaha untuk mendapatkan keuntungan yang besar dengan menarik pembeli untuk membeli produknya dalam hal ini adalah produk ikan asap (*smoked fish*).

Ikan Asap (*smoked fish*) kebanyakan dibuat oleh industri kecil menengah/ UKM yang seringkali masih diolah dengan cara tradisional dengan cara diawetkan, dengan mengasapi hingga mendapatkan warna dan cita rasa yang khas. Persaingan khususnya industri perikanan semakin ketat dengan masuknya produk-produk impor sebagai akibat dibukanya Masyarakat Ekonomi Asean yang mulai diberlakukan sejak 1 Januari 2016. Untuk itu menurut Sulistijowati dkk (2011), kunci untuk memenangkan persaingan terletak pada faktor kualitas dan keamanan produk.

Kemasan merupakan salah satu faktor meningkatkan penjualan produksi. Kemasan yang kreatif dengan bentuk dan warna yang menarik ditunjang oleh citra, topografi akan dan elemen-elemen penting lain yang mampu mempromosikan produknya menjadi daya tarik konsumen, selain itu menurut (Klimchuk dan Krasovec, 2006), kemasan menjadi pembungkus yang mampu melindungi, mengirim, mengeluarkan, menyimpan, mengidentifikasi dan membedakan sebuah produk di pasar.

Kemasan menurut Rangkuti (2010), tidak hanya untuk menjaga produk tetapi juga sebagai alat pemasaran. Untuk menghasilkan keputusan terbaik pemilihan kemasan ikan asap (*smoked fish*) tradisional dalam meningkatkan nilai penjualan menggunakan Metode AHP. Metode AHP merupakan suatu metode yang dapat mengidentifikasi masalah, menganalisa alternatif yang ada, memperhitungkan kriteria dan memilih alternatif terbaik (Saaty, 2010). Metode AHP ini juga digunakan oleh Paramita (2015) dalam menentukan kertas sebagai bahan baku kemasan. Selain



itu, (Widodo dan Khumaidi, 2017) juga menggunakan metode yang sama untuk menentukan genteng terbaik.

1.1 Analytic Hierarchy Process (AHP)

Pada era 1970-an Thomas L. Saaty model analisis proses berjenjang diperkenalkan *Analytic Hierarchy Process*, yang berada di wilayah probabilistik untuk pengambilan keputusan dan perencanaan strategis dengan melakukan perhitungan secara analitis berjenjang dan terstruktur. Model AHP merupakan metode perbandingan atas solusi didasarkan atas konsep matriks, Rizky Dermawan, (2005).

Nilai skala perbandingan nilai yang terisi pada skala AHP menunjukkan nilai kepentingan relatif satu elemen terhadap elemen lainnya dengan melihat faktor perbandingan.

Tabel 1. Skala Utama Model AHP

Intensitas Kepentingan/Tingkat Preferensi	Definisi	Penjelasan
1	<i>Equal importance</i>	Dua aktivitas memberikan kontribusi sama terhadap tujuan
3	<i>Moderate importance</i>	Pengalaman dan penilaian memberikan nilai tidak jauh berbeda antara satu aktivitas terhadap aktivitas lainnya.
5	<i>Strong importance</i>	Pengalaman dan penilaian memberikan nilai kuat berbeda antara satu aktivitas terhadap aktivitas lain
7	<i>Very strong importance</i>	Satu aktivitas sangat lebih disukai dibandingkan aktivitas lain.
9	<i>Ektreme importance</i>	Satu aktivitas secara pasti menempati urutan tertinggi dalam tingkat preferensi.
2,4,6,8	Nilai kompromi atas nilai-nilai di atas	Penilaian kompromi secara numeris dibutuhkan semenjak tidak ada kata yang tepat untuk menggambarkan tingkat preferensi

Sumber: Saaty, (2010)

2. Metodologi

1. Pengambilan dan Pengumpulan Data

Pengambilan dan Pengumpulan Data mengacu pada penelitian terdahulu terbagi menjadi dua yaitu data skunder dan data primer. Data primer yaitu konsumen ikan asap di daerah kota Semarang, sedangkan data sekunder merupakan data yang telah tersusun dalam bentuk dokumen tertulis yang diperoleh dari literatur terdahulu maupun dari internet.

2. Variabel faktor-faktor penentu pemilihan kemasan didasarkan pada penentuan pemilihan kemasan Kotler (2003), yaitu:

- ☐ Warna
- ☐ Bahan
- ☐ Bentuk
- ☐ Ukuran (Size)
- ☐ Logo
- ☐ Topografi

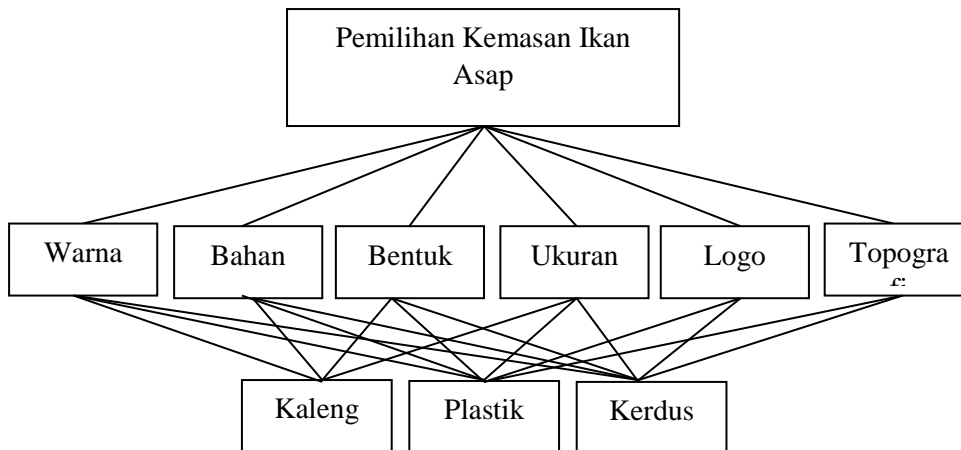


3. Metode Analisis dan Pengolahan Data

Pada tahapan ini peneliti membuat hirarki pemilihan kemasan ikan asap (*smoked fish*), kemudian membuat matrik pembandingan, menetapkan nilai preferensi untuk setiap kriteria dan menghitung preferensi tiap sub kriteria sehingga ditemukan *Total Priority Value (TPV)* kemasan yang dipilih sesuai bobot yang terbesar.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan informasi yang didapat dari hasil survey maka penentuan jenis kemasan ikan asap (*smoked fish*), diperlihatkan dalam diagram matrik berikut:



Gambar 1. Diagram Hirarki Pemilihan Kemasan Ikan Asap

Tahapan selanjutnya adalah menetapkan nilai peringkat preferensi setiap kriteria yang ada dengan mempertimbangkan faktor pemilihan kemasan ikan asap.

Tabel 2. Nilai Preferensi Kemasan Ikan Asap

Kemasan Ikan Asap	Warna	Bahan	Bentuk	Ukuran	Logo	Topografi	<i>Total Priority Value</i>
Warna	1	1/5	1/3	1/3	2	1/2	0,07
Bahan	5	1	5	5	9	3	0,47
Bentuk	3	1/5	1	1	3	3	0,16
Ukuran	3	1/5	1	1	3	2	0,15
Logo	1/2	1/9	1/3	1/3	1	3	0,08
Topografi	2	1/3	1/3	1/2	1/3	1	0,08

Sumber: Olah Data

Dimana :

$$\text{Total Priority Value (TPV)} = \sum \text{baris} / n$$

$n = 6$ faktor penentu pemilihan kemasan

Berdasarkan perhitungan AHP nilai preferensi kemasan ikan asap pada tabel 3, terlihat kriteria bahan mempunyai nilai bobot/TPV lebih besar dibanding dengan kriteria lainnya sebesar 47%.



Tabel 3. Perhitungan *TPV* untuk Pemilihan Kemasan

Warna	Kaleng	Plastik	Kerdus	<i>TPV</i>
Kaleng	1	3	1/7	0,19
Plastik	1/3	1	1/5	0,10
Kerdus	7	5	1	0,71
Bahan	Kaleng	Plastik	Kerdus	<i>TPV</i>
Kaleng	1	3	1/7	0,19
Plastik	1/3	1	1/5	0,10
Kerdus	7	5	1	0,71
Bentuk	Kaleng	Plastik	Kerdus	<i>TPV</i>
Kaleng	1	2	1/4	0,21
Plastik	1/2	1	1/4	0,13
Kerdus	4	4	1	0,66
Ukuran	Kaleng	Plastik	Kerdus	<i>TPV</i>
Kaleng	1	1/3	3	0,30
Plastik	3	1	2	0,52
Kerdus	1/3	1/2	1	0,17
Logo	Kaleng	Plastik	Kerdus	<i>TPV</i>
Kaleng	1	1/5	3	0,19
Plastik	5	1	7	0,72
Kerdus	1/3	1/7	1	0,08
Topografi	Kaleng	Plastik	Kerdus	<i>TPV</i>
Kaleng	1	1/4	5	0,25
Plastik	4	1	7	0,68
Kerdus	1/5	1/7	1	0,07

Sumber: Olah Data

Tabel 4. menunjukkan matrik perbandingan pemilihan kemasan. Pemilihan kemasan menunjukkan faktor penentu warna: kriteria pemilihan kemasan kerdus mempunyai *TPV* tertinggi sebesar 71%, faktor penentu bahan: pemilihan kemasan kerdus mempunyai *TPV* tertinggi sebesar 71%, faktor penentu bentuk: pemilihan kemasan kerdus mempunyai *TPV* tertinggi sebesar 66%, faktor penentu ukuran: plastik mempunyai *TPV* tertinggi sebesar 52%, faktor penentu logo: pemilihan plastik mempunyai *TPV* tertinggi sebesar 72%, faktor penentu topografi: pemilihan plastik mempunyai *TPV* tertinggi.

Tabel 4. Perhitungan Final *TPV* untuk Pemilihan Kemasan Ikan Asap (*Smoked Fish*)

Pilihan	Warna (0,07)	Bahan (0,47)	Bentuk (0,16)	Ukuran (0,15)	Logo (0,08)	Topografi (0,08)	Final Priority Value
Kaleng	0.01	0.09	0.03	0.05	0.02	0.02	0.22
Plastik	0.01	0.05	0.02	0.08	0.06	0.05	0.26
Kerdus	0.05	0.33	0.11	0.03	0.01	0.01	0.53

Sumber: Olah Data

Perhitungan terakhir dalam pengambilan keputusan memakai metode AHP ini Kerdus mempunyai nilai *TPV* tertinggi sebesar 53%, disusul plastik 26% dan terakhir kaleng 22%.

4. Kesimpulan dan Saran

Bahan memiliki nilai preferensi tertinggi 47% dalam pemilihan kemasan ikan asap, kriteria itu diikuti oleh bentuk, ukuran, topografi, logo dan warna. Berdasarkan peringkat kriteria pemilihan kemasan ikan asap maka kemasan dari kerdus 53% lebih disukai dari pada kemasan



dari plastik 26% dan Kaleng 22%. Penelitian ini dapat dikembangkan kembali terutama pada desain kemasan yang berbasis *heritage*.

Daftar Pustaka

- Dermawan,R., 2005, *Model Kuantitatif Pengambilan Keputusan dan Perencanaan Strategis.*, CV. Alfabeta, Bandung.
- Klimchuk, Marianne, dan Sandra A. Krasovec., 2006, *Desain Kemasan*, Erlangga, Jakarta.
- Kotler,P.,T., 2003, *Marketing Management*, 11th Edition, Northwestern University.
- Paramita, A., L., 2015, *Analisis Pemilihan Kertas Sebagai Bahan Baku Untuk Kotak Kemasan Pada Cv. Surya Cemerlang Menggunakan Metode Analytic Hierarchy Process*, Jurnal Ekonomi Bisnis, 20(3).
- Rangkuti, F., 2010, *Riset Pemasaran*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Saaty,T.,L., 2010, *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decision in a Complex World*, Vol II. New Edition, *RWS Publication*, Pittsburgh, USA.
- Sulistijowati, R., Djunaedi, O., S., Nurhajati, J., Afrianto, E., Udin, Z., 2011, *Metode Pengasapan Ikan*, UNPAD Press, Bandung.
- Widodo, R., & Khumaidi, A., 2017, *Penggunaan Sistem Penunjang Keputusan Untuk Menentukan Genteng Terbaik Dengan Menggunakan Metode Ahp Pada Desa Kalirejo*, *Prociding Kmsi*, 5(1).



Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-up Services (VRPSDP) pada Distribusi Tabung Gas LPG 3 Kg (Kasus: PT. Lentera Putera Sejahtera)

Fitriani Surayya Lubis, M.K. Herliansyah

S2 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telp. 081362021810
E-mail: fitrisurayya@gmail.com

Intisari

Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-up Services (VRPSDP) merupakan salah satu varian Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP), dimana selain setiap kendaraan memiliki kapasitas angkut terbatas, pendistribusian juga dilakukan dengan melakukan pengiriman sekaligus pengambilan produk dari customer dalam satu periode distribusi. Pada penelitian ini, permasalahan VRPSDP dibahas pada distribusi tabung gas LPG dari agen PT. Lentera Putera Sejahtera (LPS) ke 124 jumlah pangkalan yang tersebar di wilayah Kabupaten Sleman. Dengan jumlah pendistribusian tabung yang mencapai 17.630 unit per minggu atau 2900 tabung per hari, optimasi rute distribusi akan dilakukan berdasarkan waktu tempuh minimum kendaraan pada pola distribusi harian. Selain itu, Keterbatasan kapasitas maksimum yang dapat diangkut mengharuskan beberapa kendaraan melakukan lebih dari satu kali perjalanan setiap harinya (multi-trip). Model mixed integer linear programming (MILP) dikembangkan berdasarkan three-index vehicle flow formulation. Model ini dapat digunakan secara umum pada permasalahan distribusi sejenis. Model diuji menggunakan permasalahan yang lebih sederhana dan diselesaikan menggunakan metode branch and bound pada perangkat lunak optimasi solver LINGO 16.0

Kata Kunci: VRP, Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-Up Services, MILP, Branch and Bound, Multi-Trip

1 Pendahuluan

Vehicle routing problem merupakan masalah penentuan jalur atau rute distribusi kendaraan secara matematis dari *distribution centre* ke sejumlah pelanggan yang tersebar di sejumlah tempat. Penentuan VRP umumnya bertujuan untuk meminimumkan total jarak tempuh kendaraan sehingga dapat meminimumkan biaya distribusi dengan memperhatikan beberapa kendala atau batasan-batasan yang dihadapi pada saat distribusi dilakukan (Nurhayanti, 2013). Pada dekade sebelumnya, Toth dan Vigo (2002) telah menjelaskan tujuan VRP secara umum selain untuk meminimumkan biaya distribusi dan jarak tempuh tetapi juga meminimalkan jumlah kendaraan yang digunakan, menyeimbangkan rute perjalanan, dan meminimalkan ketidakpuasan konsumen seperti dalam hal keterlambatan waktu pengiriman.

Lebih lanjut, pembahasan dan penyelesaian permasalahan VRP pada kasus *real* akan sangat tergantung pada jenis kendala ataupun batasan operasional yang dihadapi. Oleh sebab itu, dikembangkan berbagai variasi VRP sesuai dengan kondisi pengiriman dan jenis produk yang didistribusikan. Pada penelitian ini, jenis produk yang didistribusikan adalah tabung gas LPG 3 Kg dimana produk ini merupakan salah satu kebutuhan primer harian sehingga kegiatan distribusi produk sampai ke konsumen akan berlangsung hampir setiap hari. Proses distribusi LPG 3 Kg termasuk ke dalam varian *vehicle routing problem with delivery and pick-up* (VRPDP) karena di dalam kegiatan distribusinya dilakukan aktivitas pengiriman dan penjemputan *reusable product*

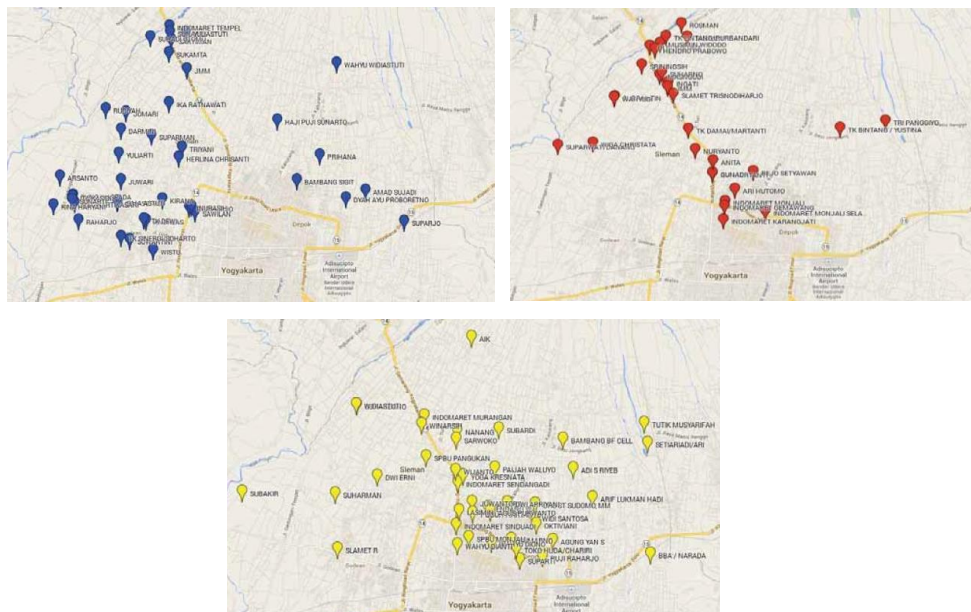


(Wassan dan Nagy, 2014). Secara spesifik, VRPPD masih terbagi ke dalam beberapa kelompok (Golden dan Wassil, 1988), antara lain:

- VRP with *Backhauling* (VRPB) merupakan kasus VRPDP dengan kondisi *single demands* dimana seluruh kegiatan pengiriman harus diselesaikan sebelum kegiatan pengambilan (*pick-up*) dilakukan.
- VRP with *Mixed Deliveries and Pickups* (VRPMDP) yaitu permasalahan VRP dengan aktivitas pengiriman dan penjemputan dapat dilakukan secara bersamaan maupun secara terpisah.
- VRP with *Simultaneous Deliveries and Pickups* (VRPSDP) merupakan kasus *combined demands* dimana aktivitas pengiriman dan penjemputan dilakukan secara bersamaan dalam satu kali pemberhentian kendaraan.

Berdasarkan hal tersebut, kegiatan distribusi produk LPG 3 Kg termasuk ke dalam kasus VRPSDP dimana pengiriman dan penjemputan produk untuk pengisian ulang dilakukan secara simultan. Kegiatan ini akan dilakukan oleh agen-agen PT. Pertamina ke sejumlah pangkalan yang juga terdaftar secara resmi di PT. Pertamina. Setiap agen dapat melakukan pengisian gas hidrokarbon LPG ke SPPBE-SPPBE yang telah diatur oleh Pertamina sesuai rayonisasi wilayah masing-masing.

PT. Lentera Putera Sejahtera (PT.LPS) merupakan salah satu dari 17 agen distribusi LPG 3 Kg wilayah Sleman dengan jumlah pangkalan terbesar yaitu mencapai 124 pangkalan. Jumlah tabung LPG yang didistribusikan oleh PT. LPS lebih kurang 69.600 setiap bulannya dengan rata-rata distribusi 2900 unit tabung per hari. PT. LPS memiliki jumlah armada kendaraan pengangkut sebanyak 4 unit truk yang memiliki kapasitas yang sama (homogen). Dengan beban maksimum yang dapat diangkut truk sebanyak 230 tabung (1840 Kg), beberapa kendaraan akan melakukan lebih dari satu kali perjalanan setiap harinya. Kondisi dimana kendaraan diizinkan untuk melakukan lebih dari satu rute dalam satu hari kerja disebut *muti-trip* VRP (Gendreau *et al.*, 2007). Karena adanya kemungkinan penugasan ke dalam beberapa rute perjalanan oleh jenis kendaraan yang sama, *multi-trips* VRP dapat meminimasi jumlah kendaraan (Huang and Lee, 2011).



Gambar 1 Sebaran masing-masing pangkalan yang Dilayani oleh 1 Armada

Penelitian mengenai VRPDP dengan *multi-trip* telah dilakukan oleh Tang *et al.* pada tahun 2015, Crainic *et al.* pada tahun 2016, dan Wassan *et al.* pada tahun 2016. Penelitian oleh Tang *et al.* (2015) dilakukan pada operasi *Door-to-Door Pickup and Delivery customer* menuju airport (D2PDCA). Aktivitas ini diusulkan sebagai alternatif penggunaan *airport-shuttle* pada aktivitas

perpindahan *customer* di dalam bandara untuk memperoleh *high customer service quality*. Hasil penelitian membuktikan bahwa dibandingkan dengan *single trip*, *multi-trip* mampu memperpendek jarak tempuh perjalanan, mengurangi jumlah kendaraan yang dibutuhkan, serta mengurangi biaya operasi.

Penelitian oleh Wassan *et al.* (2016) merupakan kasus VRPB dengan kondisi *multiple trip*. Terdapat 3 jenis kendaraan dengan kapasitas yang sama dengan 1 diantaranya melakukan *multi-trip* dalam satu periode pengiriman. Berdasarkan kondisi ini dibangun model *integer linear programming* (ILP) dengan fungsi tujuan mereduksi total *cost* dengan meminimasi total jarak tempuh. Selanjutnya permasalahan diselesaikan dengan menggunakan algoritma metaheuristik *2-level variable neighborhood search* (VNS). Penelitian oleh Crainic *et al.* (2016) merupakan VRPPD dengan kondisi *multi-trip*, *multi traffic*, dan VRP dengan *time windows and synchronization*. *Multi-traffic* dalam hal ini terdiri dari 3 tipe kondisi sesuai dengan jenis *request customer*, yaitu *inbound*, *outbound*, dan *intra city of city logistics transport*. Untuk menyelesaikan permasalahan VRP, algoritma metaheuristik *tabu search* dikembangkan dalam penelitian ini dengan membandingkan perhitungan antara solusi dengan *two-time-windows* dan solusi dengan *one-time-window*.

Berbagai penelitian yang telah diuraikan tersebut menggunakan algoritma metaheuristik dalam memperoleh rute optimum distribusinya. Metode ini dipilih berdasarkan pertimbangan alasan waktu komputasi yang relatif sangat lama jika menggunakan solusi secara analitik. Pada penelitian VRPSDP dengan *multi-trip* ini, solusi secara analitik akan tetap digunakan. Formulasi matematis yang digunakan disesuaikan dengan formulasi yang telah dikembangkan sebelumnya Dethloff (2001). Formulasi ini akan diselesaikan dengan algoritma *branch-and-bound* menggunakan perangkat lunak optimisasi.

2 Metodologi

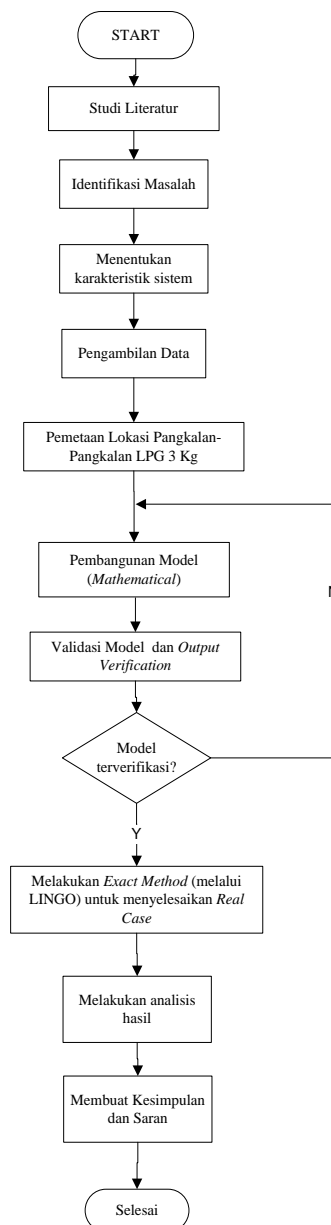
Berbagai metode optimasi telah diusulkan sejak awal VRP dikenalkan oleh Dantzig dan Ramser (1959), ratusan penelitian telah menggunakan optimasi penyelesaian baik solusi secara eksak maupun dengan metode pendekatan (Baldacci *et al.*, 2007). Untuk alasan waktu komputasi yang relatif lama, maka seringkali metode pendekatan secara heuristik dan metaheuristik digunakan sebagai solusi penyelesaian. Pada penelitian ini akan digunakan metode eksak *branch and bound* (B-and-B) pada *software* LINGO 16.0. Keunggulan metode B-and-B terletak pada tingkat keefektifitasannya dalam memecahkan masalah dengan hasil yang akurat (Nurhayanti, 2013).

Algoritma B-and-B berusaha mencari solusi terbaik dengan mencari ke seluruh ruang solusi yang dapat muncul. Namun dengan mencari ke seluruh opsi, maka jumlah solusi potensial akan meningkat secara eksponensial. Sehingga terdapat batasan atau *bound* yang berfungsi untuk menjaga ruang solusi ke dalam batasan atas dan bawah sehingga pencarian solusi dapat dilakukan hanya di antara batasan tersebut (Clausen, 1999). Semakin lama, batasan solusi tersebut akan semakin menyempit hingga bertemu pada satu nilai. Pencarian dihentikan ketika nilai tersebut telah ditemukan, karena hal tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat lagi solusi yang dapat muncul, sehingga nilai tersebut merupakan solusi terbaik.

Pada penelitian ini akan dibangun model untuk kasus *vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up with multi-trips* (VRPSDP) dengan mempertimbangkan *service time* yang dilakukan kendaraan pada saat berada di pangkalan. Model yang dibangun berupa *mixed integer linear programming* (MILP) dan akan diselesaikan menggunakan metode eksak *branch and bound* pada *software* LINGO 16.0. Artifisial data dibangkitkan untuk melakukan pengujian pada model yang dibangun dan untuk melakukan verifikasi pada output dari model apakah sudah sesuai dengan karakteristik sistem yang dipelajari.



Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Dimulai dari studi literatur tentang VRPSDP, VRP dengan *multi-trip*, VRPSDP dengan *multi-trip*. Berdasarkan studi literatur dan pengamatan pendahuluan terhadap rute distribusi PT.LPS, dirumuskan permasalahan dan tujuan dari penelitian ini. Selanjutnya pembahasan dilakukan terhadap karakteristik dari sistem dan model matematis dibangun berdasarkan karakteristik sistem tersebut. Kemudian, validasi model dilakukan dengan pembangkitan artifisial data model sederhana dari sistem VRPSDP. Hasil pengujian menggunakan artifisial data ini akan diverifikasi apakah hasil yang didapatkan sudah memenuhi batasan pada model. Jika *output* dari model sudah terverifikasi maka langkah selanjutnya adalah membangun model berdasarkan kasus *real* menggunakan metode eksak *branch and bound* pada *software* LINGO 16.0. Model dibangun dengan menggunakan matriks waktu yang diperoleh pada saat pengumpulan data waktu menggunakan *software google maps*.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

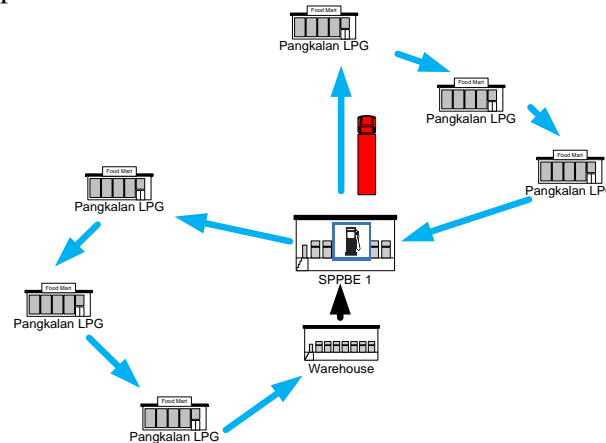


3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakterisasi Sistem

Sistem yang dipelajari dalam penelitian ini adalah sistem dari kasus pendistribusian *vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up services, multi-trips* dan *single depot* (VRPSDP). Perusahaan mendistribusikan tabung gas LPG kepada konsumen dengan menggunakan armada yang masing-masing memiliki kapasitas sama (homogen) di dalam satu hari kerja. Pola distribusi yang digunakan pada penelitian ini adalah pola distribusi harian. Oleh sebab itu, akan dilakukan optimasi rute distribusi pada pangkalan-pangkalan yang dilayani pada hari senin, Selasa, Rabu, Kamis, Sabtu, dan Minggu, sementara Jumat merupakan hari libur. Pada saat melakukan distribusi, kendaraan dapat melakukan lebih dari satu rute perjalanan selama masih dalam jam kerja (*multi-trips*). Dalam hal ini, total *demand* konsumen tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan dalam satu rute tersebut. Semua konsumen yang ditetapkan pada masing-masing hari harus terlayani dan hanya dikunjungi sekali dalam satu hari kerja. Semua pengiriman dimulai dari SPPBE (depot) dan kembali ke depot.

Karakteristik dari sistem adalah dinamis karena jumlah permintaan konsumen dapat berubah pada periode selanjutnya. Sistem termasuk deterministik karena permintaan dan parameter di dalam sistem telah ditentukan sebelum proses perencanaan. Sistem juga dapat termasuk sistem diskret karena variabel yang diamati dapat berubah saat waktu-waktu tertentu. Ilustrasi dari sistem VRPSDP dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Sistem VRPSDP with Multi-Trip PT. LPS

3.2 Model Matematika

VRP didefinisikan sebagai Grafik $G = (N, A)$ dimana $N = \{1, 2, 3, \dots, n\}$ sebagai kumpulan seluruh lokasi pelanggan. Depot (SPPBE) direpresentasikan dengan *node* 1, dan kumpulan dari seluruh *nodes* pelanggan dan depot dinotasikan $N_0 = N \setminus \{0\}$. A merupakan himpunan busur dengan $A = \{(i, j) \mid i, j \in N \text{ dan } i \neq j\}$. Busur $(i, j) \in N$ yang terhubung menyatakan durasi perjalanan lokasi i dan lokasi j . *Demand* pengambilan tabung dilambangkan dengan D_i , sedangkan waktu perjalanan antar *node* dilambangkan dengan C_{ijv} . V adalah kumpulan armada kendaraan yang beroperasi. Setiap kendaraan yang digunakan memiliki kapasitas maksimum Q dan waktu pelayanan (*service time*) t_i pada tiap-tiap pangkalan. Variabel keputusan yang digunakan adalah x_{ij} , bernilai 1 jika busur (i, j) dilalui oleh kendaraan, dan 0 jika sebaliknya. l'_v adalah beban kendaraan ketika meninggalkan depot (dapat dieliminasi dari model), l_i adalah beban kendaraan setelah melayani konsumen i . Adapun model matematika untuk VRPSDP adalah sebagai berikut.

Fungsi tujuan model matematis adalah minimasi total waktu perjalanan,

Minimize $z =$

$$\sum_{i \in N_0} \sum_{j \in N_0} \sum_{v \in V} C_{ijv} x_{ijv} + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N_0} \sum_{v \in V} t_i x_{ijv} \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{i \in N_0} \sum_{v \in V} x_{ijv} = 1 \quad (j \in N) \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N_0} x_{isv} = \sum_{j \in N_0} x_{sjv} \quad (s \in N, v \in V) \quad (3)$$

$$l'_v = \sum_{i \in N_0} \sum_{j \in N} D_j x_{ijv} \quad (v \in V) \quad (4)$$

$$l_j \geq l'_v - D_j + P_j - M(1 - x_{0jv}) \quad (j \in N, v \in V) \quad (5)$$

$$l_j \geq l'_v - D_j + P_j - M(1 - \sum_{v \in V} x_{ijv}) \quad (i \in N, j \in J, j \neq i) \quad (6)$$

$$l'_v \leq Q \quad (v \in V) \quad (7)$$

$$l_j \leq Q \quad (j \in N) \quad (8)$$

$$\pi_j \geq \pi_i + 1 - n(1 - \sum_{v \in V} x_{ijv}) \quad (i \in N, j \in N, j \neq i) \quad (9)$$

$$\pi_j \geq 0 \quad (j \in N) \quad (10)$$

$$x_{ijv} \in \{0,1\} \quad (i \in N_0, j \in N_0, v \in V) \quad (11)$$

Persamaan (1) adalah fungsi tujuan penelitian. Persamaan (2) memastikan seluruh konsumen dikunjungi tepat 1 kali. Persamaan (3) memastikan bahwa setiap kendaraan pada rute yang sama masuk dan keluar pada konsumen yang sama. Persamaan (4) merupakan inisial beban kendaraan di awal. Persamaan (5) merupakan *update* beban kendaraan setelah konsumen pertama. Persamaan (6) adalah *vehicle loads 'en route'*, persamaan (7) dan (8) merupakan *constraint* bahwa beban tidak bisa melebihi kapasitas kendaraan setelah mengunjungi konsumen pertama dan *'en route'*. Persamaan (9), (10), dan (11) merupakan *subtour breaking constraints*, yaitu memastikan bahwa setiap kendaraan dalam rute satu siklusnya tidak mengunjungi *node* yang sama kecuali kembali ke depot.

3.3 Pembangkitan Artifisial Data

Artifisial data dibangkitkan untuk melakukan pengujian pada model yang dibangun dan untuk melakukan verifikasi pada *output* dari model apakah sudah sesuai dengan karakteristik sistem yang dipelajari. Jumlah konsumen pada artifisial data ini sebanyak 5 konsumen (konsumen 2-6) dan depot sebagai *node* 1. Waktu tempuh antar konsumen dan jumlah permintaan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Waktu Tempuh antar Konsumen (menit)

Dari/Ke titik	Depot (1)	2	3	4	5	6	Demand
Depot (1)	0	3	16	12	18	2	
2	10	0	17	13	20	5	30
3	18	18	0	15	12	16	100
4	9	11	17	0	10	8	80
5	19	19	12	10	0	16	40
6	5	6	16	9	16	0	70

Berdasarkan data tersebut, solusi optimal yang didapat dengan menggunakan metode eksak *branch and bound* pada *solver* Lingo 16.0 antara lain:

Rute 1 melayani konsumen 1 – 2 – 3 – 1

Rute 2 melayani konsumen 1 – 5 – 4 – 1

Rute 3 melayani konsumen 1 – 6 – 1

Best objective function yang diperoleh dari *solver* Lingo adalah 82 menit, maka verifikasi *output* dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.



Tabel 2. Verifikasi *Output* Hasil *Solver* Lingo

Rute (Kendaraan)	Beban	Kapasitas Kendaraan	Waktu Tempuh (menit)
Rute 1	130	130	37
Rute 2	120	130	37
Rute 3	70	130	7
Total			81

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa output dari Lingo memenuhi batasan yang ada pada model yaitu pada *output* kendaraan dapat membuat lebih dari satu rute perjalanan dalam satu periode distribusi, tidak ada muatan yang melebihi kapasitas kendaraan dalam satu rute, semua konsumen dilayani dan dikunjungi sekali dan total waktu tempuh tidak melebihi waktu kerja. Maka output model dapat dikatakan tidak melanggar batasan sehingga output Lingo terverifikasi.

4 Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini memiliki hipotesis bahwa optimasi rute yang dilakukan pada permasalahan VRPSDP *with multi-trips* dan *single depot* menggunakan metode eksak *branch and bound* mampu meminimasi total waktu tempuh perjalanan kendaraan, meminimasi penggunaan armada kendaraan sehingga dapat mengurangi total biaya logistik perusahaan. Model matematika dibangun sesuai dengan karakteristik sistem VRPSDP PT. LPS yang merupakan *three-index vehicle flow formulation* serta mempertimbangkan *service time* yang dilalui kendaraan pada saat berada di pangkalan. Model yang dikembangkan bersifat general sehingga diharapkan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan sejenis.

Untuk penelitian selanjutnya dapat dibuat model dengan tambahan *time-windows* dan *multi-depot* mengingat jumlah SPPBE yang melayani perusahaan dapat mengalami perubahan sewaktu-waktu sesuai kebijakan PT. Pertamina.

Daftar Pustaka

- Baldacci, R., Battara, M., and Vigo, D., 2008, Routing a Heterogeneous Fleet of Vehicles, *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*, pp. 1-25.
- Clausen, J., 1999, *Branch and Bound Algorithms – Principles and Examples*, Department of Computer Science, University of Copenhagen, Denmark.
- Crainic, T.G., Nguyen, P.K., Toulouse, M., 2016, Synchronized Multi-Trip Multi-Traffic Pickup Delivery in City Logistics, *Transportation Research Procedia*, Vol. 26 pp. 26-39.
- Dantzig, G.B., and Ramser, J.H., 1959, The Truck Dispatching Problem, *Management Science*, Vol. 6 pp. 80-91.
- Dethloff, J., 2001, Vehicle Routing and Reverse Logistics: the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Delivery and Pick-Up, *OR Spektrum*, Vol. 23 pp. 79-96.
- Gendreau, M., Potvin, J.Y., Braysy, O., Hasle, G. and Lokketangen, A., 2007, Metaheuristic for the Vehicle Routing Problem and its Extension: A Categorized Bibliography, *CIRRELT*.
- Golden, B.L., Casco, D.O., and Wail, E.A., 1998, Vehicle Routing with Backhauls: Models, Algorithms and Case Studies, *Vehicle Routing Methods and Studies*, pp. 127-147.
- Huang, C., and Lee, C.M., 2011, A Study of Multi-Trip Vehicle Routing Problem and Distribution Centre Location Problem, *POMS 22nd Annual Conference*, Nevada, USA.
- Nurhayanti, S., 2013, *Tugas Akhir: Perbandingan Metode Branch and Bound dengan Metode Clarke and Wright Savings untuk Penyelesaian Masalah Distribusi Aqua Galon di PT. Tirta Investama Yogyakarta*, Jurusan Pendidikan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
- Tang, J., Yu, Y., and Jia, L., 2015, An Exact Algorithm for the Multi-Trip Vehicle Routing and Scheduling Problem of Pickup and Delivery of Customers to the Airport, *Journal of Transportation Research Part E*, Vol. 73 pp. 114-132.



- Toth, P., and Vigo, D., 2002, *The Vehicle Routing Problem*, SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications, Philadelphia.
- Wassan, N.A., and Nagy, G., 2014, Vehicle Routing Problem with Deliveries and Pickups: Modelling Issues and Meta-heuristics Solution Approaches, *International Journal of Transportation*, Vol. 2(1) pp. 95-110.
- Wassan, N. A., 2016, The Multiple Trip Vehicle Routing Problem with Backhauls: Formulation and a Two-Level Variable Neighbourhood Search. *Computers & Operations Research*, ISSN 0305-0548.



Perancangan Jalur Evakuasi Kebakaran Fakultas ABC Universitas X sesuai ISO 7010 dengan Metode Algoritma Dijkstra

Laksmi Nararia Dewi, Retno Wulan Damayanti, Irwan Iftadi

Program Studi Teknik Industri dan Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret,
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta, 57126
E-mail: nararialaksmi@gmail.com

Intisari

Kebakaran merupakan bencana yang dapat menimbulkan kerugian harta benda, cedera, bahkan kematian. Cara untuk mengantisipasi bahaya kebakaran adalah memberikan kemudahan akses (jalur evakuasi dan penandaannya). Fungsi jalur evakuasi dan penandaannya sangat penting bagi bangunan gedung, terutama pada saat terjadi kebakaran yaitu untuk melakukan evakuasi. Gedung 1 Fakultas ABC Universitas X belum memiliki jalur evakuasi dan penandaannya. Oleh karena itu Fakultas ABC Universitas X perlu mengantisipasi kebakaran dengan merancang jalur evakuasi dan titik kumpul. Perancangan jalur evakuasi terdiri dari 2 tahap. Tahap pertama adalah merancang jalur evakuasi dengan menggunakan Algoritma Dijkstra untuk menentukan lintasan terpendek. Tahap pertama terdiri dari beberapa proses yaitu pembuatan denah gedung 1 Fakultas ABC Universitas X, penentuan letak titik kumpul, perancangan jalur evakuasi kebakaran dengan metode Algoritma Dijkstra. Tahap kedua adalah perancangan penandaan menggunakan ISO 7010. Sebelum melakukan perancangan, terlebih dahulu melakukan observasi di Universitas Y dan Universitas Z terkait tanda jalur evakuasi dan titik kumpul. Penandaan jalur evakuasi terbuat dari bahan akrilik yang mengandung flour sense agar dapat terlihat jelas pada saat siang maupun malam hari. Terdapat 36 tanda jalur evakuasi, 1 tanda titik kumpul, 8 tanda gunakan pegangan tangan, 1 tanda telepon darurat, 15 tanda Alat Pemadam Api Ringan (APAR), dan 3 tanda parkir mundur. Tanda dipasang pada dinding atau tiang penyangga.

Kata Kunci: Kebakaran, Jalur Evakuasi dan Penandaan, Observasi, Algoritma Dijkstra, dan ISO 7010

1 Pendahuluan

Kebakaran adalah suatu nyala api, baik kecil atau besar pada tempat yang tidak kita kehendaki dan bersifat merugikan, pada umumnya sukar untuk dipadamkan (Kurniawati, 2013). Kerugian yang diakibatkan dari adanya bencana kebakaran, membuat pihak pengelola bangunan gedung perlu mengantisipasi bahaya kebakaran yang tidak bisa diprediksi. Cara mengantisipasi bencana kebakaran yaitu memberikan kemudahan akses evakuasi (jalur evakuasi dan penandaannya) pada bangunan gedung.

Fungsi jalur evakuasi dan penandaannya sangat penting bagi bangunan gedung, terutama pada saat terjadi kebakaran. Hal ini agar proses evakuasi dapat dilakukan dengan cepat dan aman sehingga semakin banyak orang yang selamat dari kebakaran. Evakuasi merupakan tahapan kritis dalam menanggapi bencana atau keadaan bahaya. Terdapat dua fase yang sangat menentukan dalam proses evakuasi gedung, yaitu fase *pre-evacuation* dan fase *movement* (Chow, 2007). Fase *pre-evacuation* merupakan tahap sebelum penghuni gedung meninggalkan ruang kerja atau kamarnya dan fase *movement* merupakan tahap penghuni mulai berjalan atau berlari menuju titik teraman atau titik berkumpul (*assembly point*).



Pada proses evakuasi, selain kelengkapan peralatan evakuasi, *behavior* seseorang akan sangat menentukan kesesuaian dan kecepatan proses evakuasi. Penghuni yang berjalan cepat dalam kondisi bahaya terkadang memiliki kebiasaan untuk mengikuti gerombolan orang didepannya tanpa memikirkan jalur yang ditempuh tersebut pendek atau tidak. Saat penghuni mengalami kepanikan, penghuni tidak akan mudah dalam mencari jalan keluar. Penghuni juga akan melalui *familiarty route* yaitu jalan yang biasanya dilalui atau jalur yang dikenal saat keluar masuk gedung daripada mengikuti arah *exit sign* karena penghuni lebih mempercayai insting mereka. Namun berdasarkan insting tersebut belum tentu jalur tersebut merupakan jalan yang teraman untuk dilewati. (Rahman & Mahmood, 2008)

Penandaan jalur evakuasi dibuat untuk memberikan kemudahan pada orang yang membacanya sehingga informasi pada tanda tersebut dapat dipahami dengan mudah. Penandaan jalur evakuasi pada gedung 1 Fakultas ABC Universitas X seharusnya dibuat, agar memberikan kemudahan untuk orang-orang yang terdapat pada gedung dalam melakukan evakuasi menuju titik kumpul pada saat terjadi kebakaran. Penandaan ini dibuat berdasarkan ISO 7010. Standar ini dipilih karena ruang lingkupnya sesuai dengan kajian yaitu membahas mengenai warna dan tanda-tanda keselamatan sehingga pembahasannya lebih mendetail.

Jalur evakuasi dirancang dengan memperhatikan faktor lintasan terpendek untuk menentukan jalan tersingkat menuju titik kumpul saat terjadi kebakaran. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan lintasan terpendek adalah Algoritma Dijkstra. Algoritma Dijkstra dinamai menurut penemunya, Edsger Dijkstra, adalah algoritma dengan prinsip greedy yang memecahkan masalah lintasan terpendek untuk sebuah graf berarah dengan bobot sisi yang tidak negatif (Cornen, Charles, Ronald & Clifford, 2001).

Algoritma Dijkstra adalah algoritma *graph search* yang dapat menyelesaikan permasalahan pemilihan jalur terpendek dengan *single source* dan non negatif. Pemilihan ini didasarkan pada kebutuhan gedung yang hanya membutuhkan kalkulasi jarak minimum. Perhitungan jalur terpendek dengan algoritma Dijkstra dari setiap *node* akan terjadi secara cepat karena setiap perhitungan hanya dilakukan sekali saja tanpa perulangan.

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah merancang peta jalur evakuasi kebakaran dan lokasi penandaannya dengan metode Algoritma Dijkstra untuk menentukan lintasan terpendek dan ISO 7010 tentang warna dan tanda-tanda keselamatan.

2 Metodologi

Tahapan penelitian terdiri dari identifikasi awal, observasi jalur evakuasi dan penandaannya, dan perancangan jalur evakuasi kebakaran dan penandaannya.

2.1 Identifikasi Awal

Identifikasi awal dilakukan dengan cara melakukan wawancara kepada Kepala Bagian Tata Usaha Fakultas ABC Universitas X dan observasi secara langsung. Berdasarkan wawancara dan observasi awal, diketahui bahwa di gedung 1 Fakultas ABC Universitas X belum memiliki jalur evakuasi kebakaran dan penandaannya, sehingga jalur evakuasi kebakaran dan penandaannya perlu dirancang agar memenuhi standar gedung.

2.2 Observasi Jalur Evakuasi dan Penandaannya

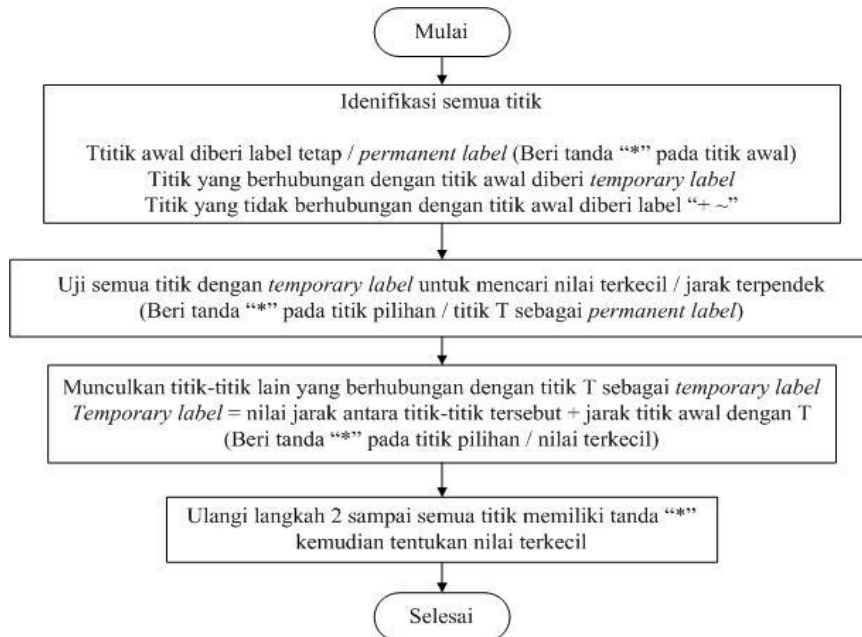
Observasi adalah bagian dalam pengumpulan data. Proses observasi dimulai dengan mengidentifikasi tempat yang hendak diteliti, menentukan gambaran umum tentang sasaran penelitian, siapa yang akan diobservasi, kapan, berapa lama, dan bagaimana (Semiawan, 2017).

Tempat yang hendak diteliti atau diobservasi adalah Universitas Y dan Universitas Z. Sasaran penelitian adalah observasi di beberapa instansi yang sudah mengimplementasikan jalur evakuasi dan penandaannya. Observasi dilakukan selama 2 hari yaitu pada tanggal 11 dan 12 Juli 2017. Observasi dilakukan dengan cara melakukan pengamatan langsung, pendokumentasian, dan pengukuran.



2.3 Perancangan Jalur Evakuasi Kebakaran dan Penandaannya

Perancangan jalur evakuasi kebakaran menggunakan metode Algoritma Dijkstra untuk menentukan lintasan terpendek dan penandaannya dirancang sesuai ISO 7010. Dalam pencarian jalur terpendeknya, algoritma Dijkstra bekerja dengan mencari bobot yang paling minimal dari suatu graf berbobot, jarak terpendek akan diperoleh dari dua atau lebih titik dari suatu graf dan nilai total yang didapat adalah yang bernilai paling kecil. Algoritma Dijkstra menggunakan beberapa tahap atau langkah dalam proses penyelesaiannya (Markland dalam Susmartini 2012) yaitu



Gambar 1. Tahapan atau langkah penyelesaian algoritma Dijkstra

Konsep perancangan jalur evakuasi kebakaran terdiri dari 2 tahap yaitu tahap perancangan jalur evakuasi dan tahap penandaan jalur evakuasi. Tahap pertama yaitu perancangan jalur evakuasi yang terdiri dari 3 proses : pembuatan denah gedung 1 Fakultas ABC Universitas X, penentuan letak titik kumpul, perancangan jalur evakuasi kebakaran dengan metode Algoritma Dijkstra. Tahap kedua yaitu perancangan penandaan jalur evakuasi kebakaran sesuai ISO 7010.

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan terdiri dari observasi jalur evakuasi dan penandaannya, dan perancangan jalur evakuasi kebakaran dan penandaannya. Berikut ini penjelasannya.

3.1 Observasi Jalur Evakuasi dan Penandaannya

Penandaan merupakan bagian dari perancangan jalur evakuasi. Penandaan dibuat untuk mempermudah penghuni gedung untuk melakukan evakuasi pada saat kebakaran. Penandaan jalur evakuasi diterapkan pada beberapa gedung. Berikut ini contoh penandaan jalur evakuasi di Universitas Y dan Universitas Z.

1. Universitas Y

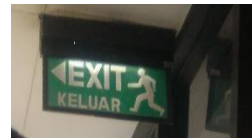
Berikut ini tanda titik kumpul dan jalur evakuasi yang terdapat di sepanjang jalan di Universitas Y.



Gambar 2. Titik kumpul dan jalur evakuasi Universitas Y

2. Universitas Z

Berikut ini tanda titik kumpul dan *exit* yang terdapat di Universitas Z



Gambar 3. Titik kumpul dan *exit* Universitas Z

3.2 Perancangan Jalur Evakuasi Kebakaran dan Penandaannya

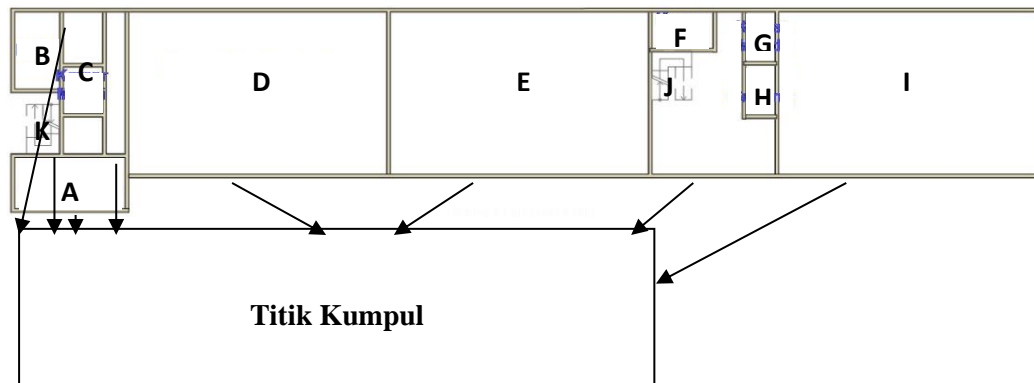
Gedung 1 Fakultas ABC Universitas X belum memiliki jalur evakuasi dan penandaan yang sesuai dengan standar keselamatan bagi penghuninya. Gedung 1 terdapat 3 lantai.

a. Gedung 1 lantai 1

Gedung 1 lantai 1 terdapat ruang A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, dan L. Berikut perancangan jalur evakuasi pada gedung 1 lantai 1 Fakultas ABC Universitas X

▪ Pembuatan Denah Gedung 1 Lantai 1 Fakultas ABC Universitas X

Denah gedung 1 lantai 1 Fakultas ABC Universitas X dibuat dengan *software* Archicad 20. Pembuatan denah menggunakan perbandingan 1:1 dengan satuan milimeter. Pembuatan denah dilakukan untuk mengetahui letak dan ukuran masing-masing ruang dan akses jalur yang ada. Berikut ini gambar 2D gedung 1 lantai 1 Fakultas ABC Universitas X dilihat dari atas



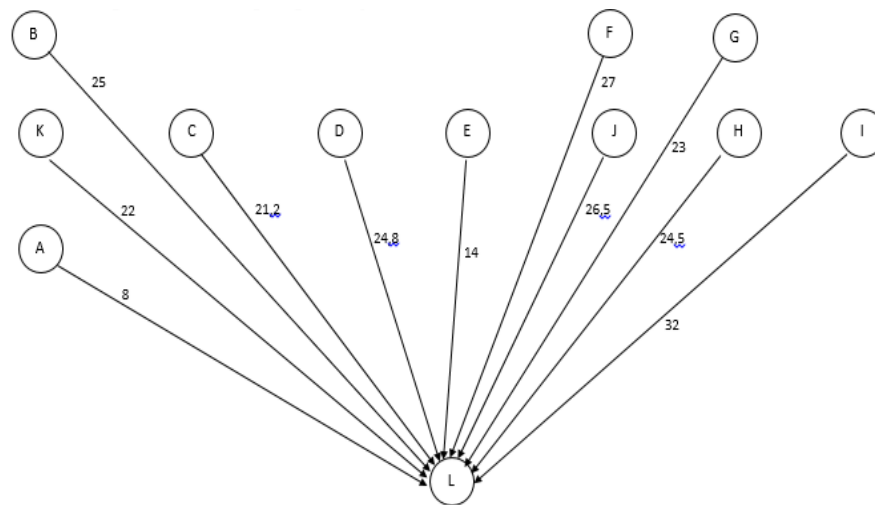
Gambar 4. Denah awal gedung 1 lantai 1 Fakultas ABC Universitas X

▪ Penentuan Letak Titik Kumpul

Titik kumpul pada gedung 1 terletak pada area parkir mobil. Area parkir mobil dipilih sebagai titik kumpul karena mudah dicapai dan memiliki akses ke jalan umum

▪ Perancangan Jalur Evakuasi Kebakaran dengan Metode Algoritma Dijkstra

Perancangan jalur evakuasi dibuat dengan menggunakan metode Algoritma Dijkstra. Jalur evakuasi yang dipilih adalah jalur yang memiliki lintasan terpendek



Gambar 5. Route Terpendek pada Gedung 1 Lantai 1 Fakultas ABC Universitas X

Tabel 1. Lintasan pada Gedung 1 Lantai 1 Fakultas ABC Universitas X

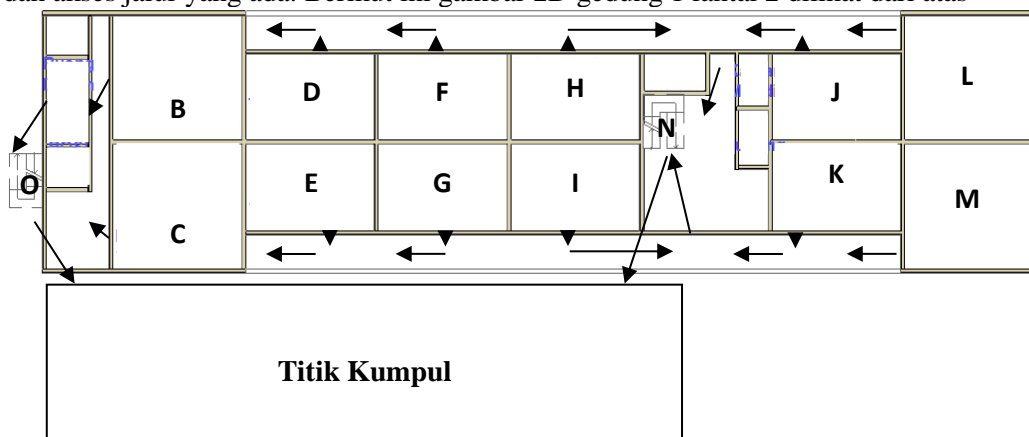
Lintasan	Jarak (meter)	Lintasan	Jarak (meter)
A – L	8	G – L	26,5
B – L	25	H – L	24,5
C – L	14	I – L	32
D – L	21,2	J – L	23
E – L	24,8	K – L	22
F – L	27		

b. Gedung 1 lantai 2

Gedung 1 lantai 2 terdapat ruang A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L dan M. Berikut perancangan jalur evakuasi pada gedung 1 lantai 2 Fakultas ABC Universitas X

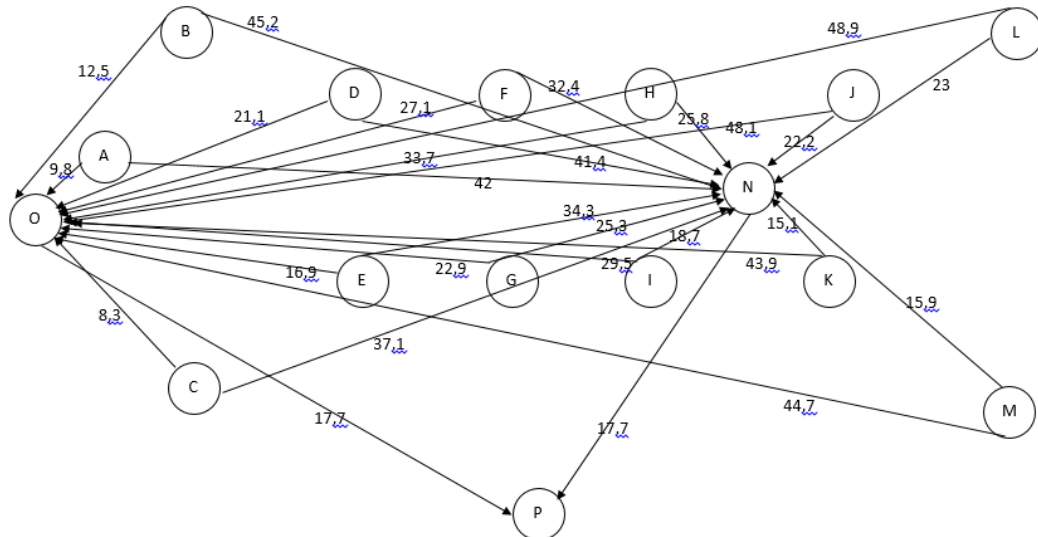
▪ Pembuatan Denah Gedung 1 Lantai 2 Fakultas ABC Universitas X

Denah gedung 1 lantai 2 Fakultas ABC Universitas X dibuat dengan *software* Archicad 20. Pembuatan denah menggunakan perbandingan 1:1 dengan satuan milimeter. Pembuatan denah dilakukan untuk mengetahui letak dan ukuran masing-masing ruang dan akses jalur yang ada. Berikut ini gambar 2D gedung 1 lantai 2 dilihat dari atas



Gambar 6. Denah awal gedung 1 lantai 2 Fakultas ABC Universitas X

- Penentuan Letak Titik Kumpul
Titik kumpul pada gedung 1 terletak pada area parkir mobil. Area parkir mobil dipilih sebagai titik kumpul karena mudah dicapai dan memiliki akses ke jalan umum
- Perancangan Jalur Evakuasi Kebakaran dengan Metode Algoritma Dijkstra
Perancangan jalur evakuasi dibuat dengan menggunakan metode Algoritma Dijkstra. Jalur evakuasi yang dipilih adalah jalur yang memiliki lintasan terpendek



Gambar 7. Alternatif Route Terpendek pada Gedung 1 Lantai 2
Fakultas ABC Universitas X

Tabel 2. Lintasan pada Gedung 1 Lantai 2 Fakultas ABC Universitas X

Lintasan	Jarak (meter)	Lintasan	Jarak (meter)
A – N – P	59,7	H – N – P*	43,5
A – O – P *	24,5	H – O – P	51,4
B – N – P	62,9	I – N – P*	36,4
B – O – P *	27,2	I – O – P	47,2
C – N – P	54,8	J – N – P*	39,9
C – O – P*	23,0	J – O – P	65,8
D – N – P	59,1	K – N – P*	32,8
D – O – P*	35,8	K – O – P	61,6
E – N – P	52,0	L – N – P*	33,7
E – O – P*	31,6	L – O – P	69,6
F – N – P	50,1	M – N – P*	36,6
F – O – P*	44,8	M – O – P	65,4
G – N – P	43,0		
G – O – P*	40,6		

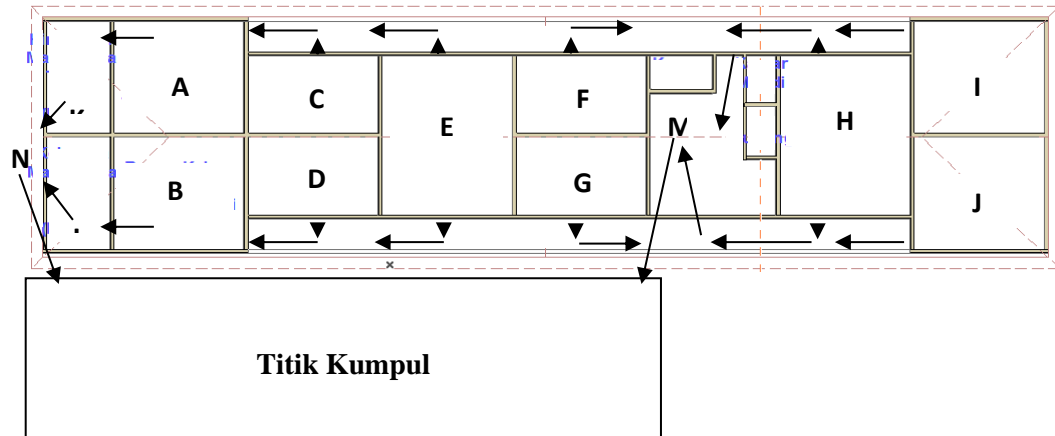
* merupakan lintasan terpendek

c. Gedung 1 lantai 3

Gedung 1 lantai 3 terdapat ruang A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, dan L. Berikut perancangan jalur evakuasi pada gedung 1 lantai 3 Fakultas ABC Universitas X

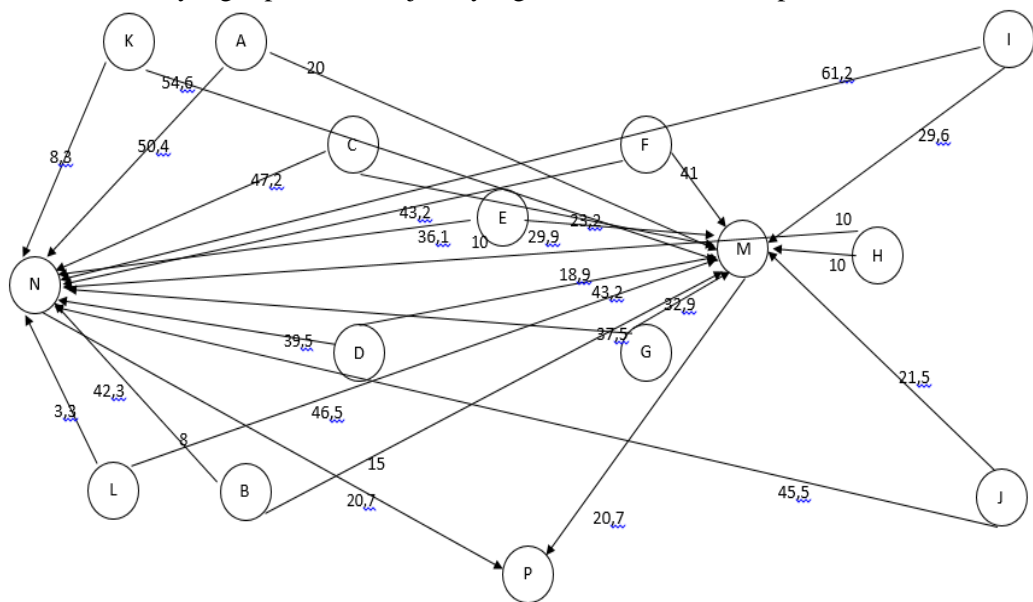
- Pembuatan Denah Gedung 1 Lantai 3 Fakultas ABC Universitas X
Denah gedung 1 lantai 3 Fakultas ABC Universitas X dibuat dengan *software* Archicad 20. Pembuatan denah menggunakan perbandingan 1:1 dengan satuan milimeter. Pembuatan denah dilakukan untuk mengetahui letak dan ukuran masing-masing ruang dan akses jalur yang ada. Berikut ini gambar 2D gedung 1 lantai 3 dilihat dari atas





Gambar 8. Denah awal gedung 1 lantai 3 Fakultas ABC Universitas X

- Penentuan Letak Titik Kumpul
Titik kumpul pada gedung 1 terletak pada area parkir mobil. Area parkir mobil dipilih sebagai titik kumpul karena mudah dicapai dan memiliki akses ke jalan umum
- Perancangan Jalur Evakuasi Kebakaran dengan Metode Algoritma Dijkstra
Perancangan jalur evakuasi dibuat dengan menggunakan metode Algoritma Dijkstra. Jalur evakuasi yang dipilih adalah jalur yang memiliki lintasan terpendek



Gambar 9. Alternatif Route Terpendek pada Gedung 1 Lantai 3 Fakultas ABC Universitas X

Tabel 3. Lintasan Terpendek pada Gedung 1 Lantai 3 Fakultas ABC Universitas X

Lintasan	Jarak (meter)
A – M – O	71,1
A – N – O*	40,7
B – M – O	63,0
B – N – O*	35,7
C – M – O	67,9
C – N – O*	43,9

Lintasan	Jarak (meter)
D – M – O	59,8
D – N – O*	38,9
E – M – O	56,8
E – N – O*	49,9
F – M – O*	61,7
F – N – O	63,9

* merupakan lintasan terpendek



Tabel 3. Lintasan Terpendek pada Gedung 1 Lantai 3 Fakultas ABC Universitas X (lanjutan)

Lintasan	Jarak (meter)	Lintasan	Jarak (meter)
G – M – O	53,6	J – M – O*	42,2
G – N – O*	58,2	J – N – O	76,2
H – M – O*	39,2	K – M – O*	29,0
H – N – O	74,1	K – N – O	75,3
I – M – O*	50,3	L – M – O*	24,0
I – N – O	81,9	L – N – O	67,2

* merupakan lintasan terpendek



Setelah melakukan pengukuran jarak lintasan terpendek, selanjutnya menentukan tanda yang akan digunakan pada jalur evakuasi. Referensi yang menjadi acuan pada penelitian ini adalah standar ISO 7010:2012. Standar ini dipilih karena ruang lingkupnya sesuai dengan kajian ini, yaitu mengenai warna dan tanda-tanda keselamatan

Standar ISO 7010:2012 memiliki 5 kategori tanda-tanda keselamatan yaitu tanda jalur evakuasi, lokasi peralatan keselamatan; tanda fasilitas keselamatan atau tindakan keselamatan; tanda peralatan kebakaran; tanda larangan dan tanda peringatan. Oleh karena itu, dilakukan pemilihan tanda-tanda keselamatan. Tanda-tanda keselamatan dipilih dengan melakukan diskusi.

Hasil diskusi yang didapatkan adalah tanda yang digunakan untuk jalur evakuasi pada gedung 1 Fakultas ABC adalah jalur evakuasi, gunakan pegangan tangan, titik kumpul, telepon darurat, APAR, dan parkir mundur.


Tabel 4 menunjukkan penandaan *emergency exit (right hand)* – E002 berdasarkan ISO 7010.

Tabel 4. Penandaan *Emergency Exit (Right Hand)* – E002

Safety Sign	
Fungsi	Menunjukkan rute pelarian ke tempat yang aman
Bahaya	Tidak mampu menemukan jalan keluar ke tempat aman yang disediakan untuk evakuasi dalam keadaan darurat
Perilaku yang diharapkan	Menyadari lokasi jalan keluar ke tempat yang aman pada saat terjadi keadaan darurat
Infomasi Tambahan	


Tabel 5 menunjukkan penandaan *use handrail* – M012 berdasarkan ISO 7010.

Tabel 5. *Use Handrail* – M012

Safety Sign	
Fungsi	Menunjukkan bahwa pegangan harus digunakan
Bahaya	Terjatuh, tergelincir atau tersandung
Perilaku yang diharapkan	Memegang pegangan saat menggunakan tangga, eskalator atau jalan setapak yang bergerak


Tabel 6 menunjukkan penandaan *evacuation assembly point* – E007 berdasarkan ISO 7010.

Tabel 6. *Evacuation Assembly Point* – E007

<i>Safety Sign</i>	
Fungsi	Menunjukkan lokasi titik kumpul yang aman
Bahaya	Tidak mampu menemukan titik kumpul yang aman
Perilaku yang diharapkan	Menyadari lokasi titik kumpul yang disediakan untuk evakuasi dari bangunan atau gedung

Tabel 7 menunjukkan penandaan *emergency telephone* – E004 berdasarkan ISO 7010.

Tabel 7. *Emergency Telephone* – E004

<i>Safety Sign</i>	
Fungsi	Menunjukkan lokasi telepon darurat
Bahaya	Tidak mampu menemukan telepon yang disediakan untuk digunakan dalam keadaan darurat
Perilaku yang diharapkan	Meyadari lokasi telepon darurat

Gambar 10 menunjukkan penandaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR).



Gambar 10. Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

Gambar 11 menunjukkan penandaan *reverse parking sign*.



Gambar 11. *reverse parking sign*

Bahan yang digunakan dalam pembuatan tanda ini adalah akrilik yang mengandung *flourescence* agar dapat terlihat jelas pada saat siang maupun malam hari. Hal ini tidak dimiliki oleh bahan plastik maupun kayu. Pemilihan bahan ini dengan mempertimbangkan standar OSHA/ANSI yaitu kondisi pencahayaan darurat sehingga masih dapat terlihat jelas dalam kondisi ruangan gelap (www.safetysign.co.id/). 18 tanda jalur evakuasi dipasang ditembok dengan

ketinggian rendah yaitu 46 cm. Untuk penempatan safety sign dengan ketinggian rendah (seperti rambu rute evakuasi / jalan keluar) ditempatkan tidak lebih dari 46 cm dari dasar lantai sehingga tanda dapat terlihat dengan jelas bila kondisi ruangan dipenuhi asap (www.safetysign.co.id/). Pemasangan tanda APAR menurut Permenakar APAR (1980) adalah

1. Satu atau kelompok APAR harus ditempatkan pada posisi yang mudah dilihat, mudah dicapai dan diambil serta dilengkapi tanda pemasangan.
2. Tinggi tanda pemasangan adalah 125 cm dari dasar lantai tepat diatas satu atau kelompok APAR.

18 tanda jalur evakuasi, 1 tanda titik kumpul, 8 tanda gunakan pegangan tangga, 1 tanda telepon darurat dan 3 tanda parkir mundur dipasang pada tiang penyangga dengan ketinggian medium yaitu antara 114-168 cm dari dasar lantai (www.safetysign.co.id/) dan menurut Kurniawan, T & Kurniawidjaja, L. M (2013) pemasangan tanda pada tiang setinggi rata-rata tinggi mata orang berdiri. Rata-rata tinggi mata penduduk Indonesia adalah 154 cm (www.antropometriindonesia.org) sehingga tanda dipasang pada ketinggian 154 cm. Untuk tanda gunakan pegangan tangga dipasang ditembok dengan ketinggian medium yaitu 154 cm dari dasar lantai sehingga dapat terlihat jelas.

4 Kesimpulan dan Saran

Simpulan penelitian ini adalah gedung 1 Fakultas ABC Universitas X belum memiliki peta jalur evakuasi kebakaran dan titik kumpul. Oleh karena itu, peta jalur evakuasi kebakaran dan lokasi penandaanya sudah ditentukan di tempat-tempat strategis sepanjang jalur evakuasi. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah perancangan dikembangkan lebih luas yaitu prosedur evakuasi dan penanganan saat terjadi kebakaran, serta melakukan simulasi jalur evakuasi untuk menghitung waktu evakuasi.

Daftar Pustaka

- Antropometriindonesia., 2013, Rekap Data Antropometri Indonesia, akses online 17 September 2017, URL:<http://antropometriindonesia.org/index.php/detail/artikel/4/10/dataantropometr>.
- Chow, W. K., 2007, *Waiting Time Evacuation In Crowded Areas, Buildings and Environment* 42, 3757-3761., McGraw-Hill, Newyork.
- Cornen, T.H., Charles E.L., Ronald L.R., and Clifford Stein., 2001, *Introduction to Algorithms*, 2nd Ed, MIT Press and McGraw-Hill, England.
- International Organization for Standardization., 2011, ISO 7010 : *Graphical Symbols – Safety Colours and Safety Signs – Registered Safety Signs*.
- Kurniawan, T, Kurniawidjaja, L. M., 2013, *Tugas Akhir: Analisis Tiga Faktor Dominan Sistem Proteksi Aktif dan Pasif serta Sistem Tanggap Darurat Kebakaran di Gedung Vokasi UI tahun 2013*, Universitas Indonesia.
- Kurniawati, D. (2013). *Taktis Memahami Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Surakarta : PT. Aksara Sinergi Media.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No : PER.04/MEN/1980 tentang Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan.
- Rahman, A, Mahmood, A. K., 2008, *Simulating Human Cognitive Behaviors in Pre-evacuation Planning*, ITSIM2008-IEEE, Kuala Lumpur.
- Safetysign., 2016, 4 Tahapan Penting yang Harus Anda Perhatikan saat memasang Safety Sign Baru di Perusahaan Part 1, akses online 20 Juni 2017, URL : <https://safetysign.co.id/news/248/4-Tahapan-Penting-yang-Harus-Anda-Perhatikan-Saat-Memasang-Safety-Sign-Baru-di-Perusahaan-PART-1>.
- Semiawan, C. R., 2017, *Metode Penelitian Kualitatif Jenis, Karakteristik dan Keunggulannya.*, Jakarta, Grasindo.
- Susmartini, S., 2012, *Operating Research : Model Deterministik Teori dan Aplikasi*. Surakarta : UNS Press



Pengembangan Model Perilaku Konsumen pada Pembelian 3D Printer di D.I. Yogyakarta

Mochamad Sugeng Mentariadi, Herianto

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2, Yogyakarta, 55281
Telp. +62-274-521673
E-mail: adi_odink080407@yahoo.com

Intisari

Strategi perusahaan dalam menjual produk 3D Printer sangat bergantung dari pilihan konsumen. Pembelian konsumen atas produk 3D Printer dipengaruhi oleh keputusan pembelian dan perilaku konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk mencari kecenderungan konsumen dalam membeli produk 3D Printer pabrikan (manufactured) dan rakitan (assembled). Perilaku konsumen yang kompleks dan dinamis dapat dimodelkan dalam model perilaku dan disimulasikan. Model perilaku di break down menjadi faktor-faktor penyebab perilaku konsumen. Perilaku konsumen dapat dimodelkan menggunakan System Dynamic Modelling. Responden tahap I sebanyak 30 orang dan tahap II sebanyak 100 orang. Teknik pengambilan sampel dengan metode purposive sampling. Data primer yang diambil melalui wawancara dan alat kuesioner, terdiri dari subsistem karakteristik konsumen dan subsistem keputusan pembelian produk 3D printer.

Kata Kunci: perilaku konsumen, 3D printer, system dynamic modelling.

1 Pendahuluan

Pertumbuhan ekonomi sebuah negara berkembang seperti Indonesia, dalam menggerakkan roda ekonomi dan peningkatan standar hidup, mengacu pada peningkatan penjualan produk dan layanan konsumen (Aitken and Palmer, 2015). Sedangkan tingkat penjualan dan layanan konsumen mengacu pada tingkat pembelian dari konsumen, dan keinginan atau harapan konsumen dari produk tersebut. Keinginan dan harapan tersebut dapat dinamakan sebagai perilaku konsumen. Dimana perilaku konsumen menjadi acuan dalam pengambilan keputusan membeli suatu produk (Kotler and Keller, 2009).

Perkembangan industri di Indonesia terutama 3D *Printing*, terlihat dari jumlah ekspor dengan tujuan Amerika, untuk pembelian mesin dan *parts printer* 3D, *printer*, *fax* dan *copy*, meningkat sebesar US\$ 68 juta (ITPC, 2013). Menurut laporan *Internasional Data Corporation* (IDC) tahun 2016, industri jasa cetak 3D Indonesia diprediksi akan meningkat menjadi 14,9 persen pada tahun 2020 (Prihadi, 2017). Data kenaikan *demand* dari perusahaan 3D *printer* yang telah beroperasi, mengalami kenaikan signifikan sebesar 300 persen dari kuartal I ke kuartal II pada tahun 2017 (Wirastri, 2017).

Harga untuk *printer* 3D bervariasi dan disesuaikan dengan preferensi konsumen. Menurut Wirastri (2017), harga produk *printer* terbagi atas *high-end* dan *low-end*. Untuk kategori *high-end*, *printer* 3D memiliki spesifikasi harga diatas Rp. 100 juta dan terjual dalam kondisi sudah siap pakai. Sedangkan untuk kategori *low-end* memiliki spesifikasi harga dibawah Rp. 30 juta dan masih dalam bentuk rakitan. Permintaan produk *high-end* dan *low-end* belum dapat teridentifikasi, dikarenakan 3D *Printer* masih dikatakan produk baru dan pembelian masih terbatas *indent*. Prediksi kebutuhan pasar terhadap 3D *Printing* akan terus meningkat (Wohlers and Caffrey, 2013), ditandai dengan mulai banyaknya distributor dan penyedia jasa pembuatan produk *custom*, serta *prototype* dengan menggunakan 3D *printing*.



Keputusan pembelian konsumen terhadap sebuah produk dipengaruhi oleh beberapa variabel. Penggunaan metode uji regresi dan analisis faktor menunjukkan bahwa variabel pengalaman dan keterikatan emosional pada merek berpengaruh positif terhadap loyalitas konsumen (Sukoco and Hartawan, 2011), penelitian dengan menggunakan metode uji regresi lainnya menunjukkan bahwa faktor pribadi memiliki pengaruh yang paling kuat dalam pemilihan suatu produk (Kusuma, 2015). Metode berbasis pasar (*market based*) dilakukan oleh Aitken et al. (2015), yang menunjukkan bahwa penjualan produk dan layanan konsumen dapat menggerakkan roda ekonomi sebuah negara. Metode keputusan pembelian lainnya menggunakan *System Dynamic Modelling*, yang mensimulasikan pengaruh kesuksesan iklan terhadap perilaku konsumen (Sakas et al., 2015).

Faktor yang mempengaruhi perilaku konsumen pada suatu produk, memiliki hasil yang sangat berbeda dan bervariasi. Hal ini dikarenakan konsumen adalah manusia yang memiliki kekompleksitasan dan kedinamisan. Pengambilan keputusan pembelian produk dipengaruhi oleh perilaku dinamis konsumen. Perilaku konsumen pada pembelian produk 3D *printer* dapat dipelajari menggunakan pendekatan simulasi. Simulasi yang dilakukan oleh Sakas et al., (2015) menggunakan *System Dynamic Modelling* adalah dengan membangun model dalam *software*. Pengembangan model perilaku konsumen diperlukan dalam membuat keputusan pembelian bersamaan dengan variabel produk 3D *printer*.

Meningkatnya permintaan pasar 3D *printer* akan berbanding lurus dengan meningkatnya persaingan bisnis. Perusahaan membutuhkan sebuah strategi yang tepat dan sesuai dalam menjawab persaingan bisnis kedepan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari kecenderungan konsumen dalam membeli produk 3D *printer* agar perusahaan dapat menentukan strategi penjualan produk pabrikan (*manufactured*) dan rakitan (*assembled*) sesuai dengan perilaku dan keinginan dari konsumen.

2 Metodologi

Penelitian ini akan memodelkan variabel perilaku konsumen dan variabel pemilihan produk dalam penentuan keputusan pembelian produk 3D *printer*. Studi kasus penelitian akan dilakukan di wilayah Yogyakarta. Pemilihan lokasi penelitian ini dikarenakan Yogyakarta telah teridentifikasi memiliki badan usaha 3D Printer selain Jakarta, Bandung, dan Surabaya (Wirastri, 2017). Partisipan responden adalah konsumen yang memiliki pengetahuan yang memadai mengenai karakter produk yang akan diteliti. Hal ini dilakukan untuk mengurangi bias pada perilaku atau keinginan terhadap produk yang akan dipilih. Tahapan dalam penelitian ini dibagi kedalam enam bagian besar berikut:

2.1 Perumusan masalah

Pada tahapan ini ditentukan tujuan model, variabel kunci dan *reference modes*, seperti ditunjukkan pada gambar 2.1. Tujuan penelitian dan variabel kunci dilakukan berdasarkan perumusan masalah yang didapatkan setelah melakukan tinjauan pustaka. Sedangkan *reference modes* merupakan proses perumusan masalah untuk membangun model dinamika sistem (Stermann, 2000). *Reference modes* dibangun berdasarkan informasi historis dan sering digambarkan dalam bentuk grafik yang memiliki bentuk kompleks dari kumpulan data historis tersebut. *Reference modes* merupakan konsep abstrak yang dihasilkan setelah melakukan analisis data historis dan deskripsi kualitatif dari permasalahan.

2.2 Formulasi hipotesis dinamis

Setelah perumusan masalah dilakukan, selanjutnya adalah membangun hipotesis dinamis menggunakan *Model Boundary Diagram* dan *Causal Loop Diagram*. Tahapan formulasi hipotesis diagram ditunjukkan pada gambar 2.1.



2.3 Formulasi model simulasi

Model simulasi diformulasikan berdasarkan hipotesis dinamis, dengan mengkuantifikasi variabel dalam bentuk *stock*, *flow*, *auxiliary*, konstanta, dan sebagainya dalam membangun *Stock and Flow Diagram*.

2.4 Simulasi

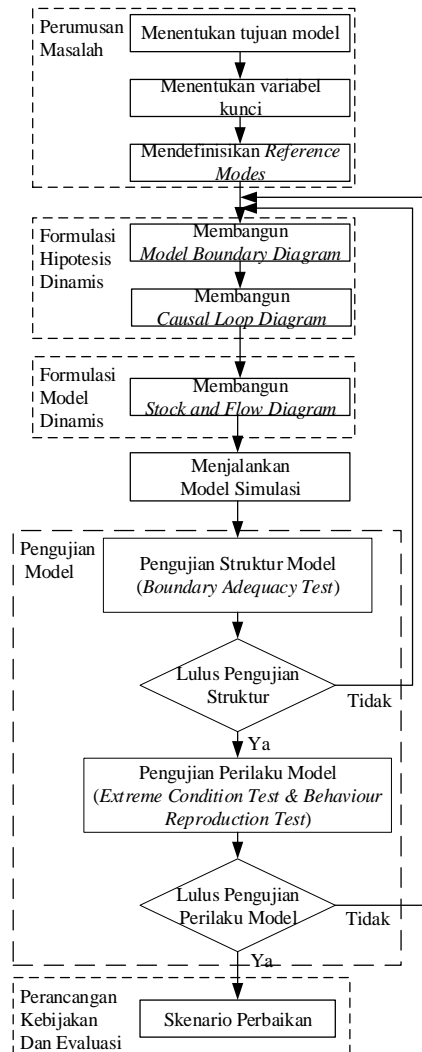
Model simulasi yang telah dibangun kemudian dijalankan dengan beberapa kali replikasi untuk memastikan bahwa model dapat dijalankan dengan baik.

2.5 Pengujian model

Pengujian pada model simulasi dilakukan untuk memastikan bahwa model sudah dibangun sesuai dengan tujuan dan batasan. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian *boundary adequacy test*, *extreme condition test*, dan *behavior reproduction test*. Pengujian model lebih jelasnya ditunjukkan pada gambar 1.

2.6 Perancangan kebijakan dan evaluasi

Perancangan kebijakan dilakukan dengan menjalankan skenario perbaikan pada model, kemudian dilakukan evaluasi dengan membandingkan nilai MSE (*mean square error*) terhadap hasil simulasinya.



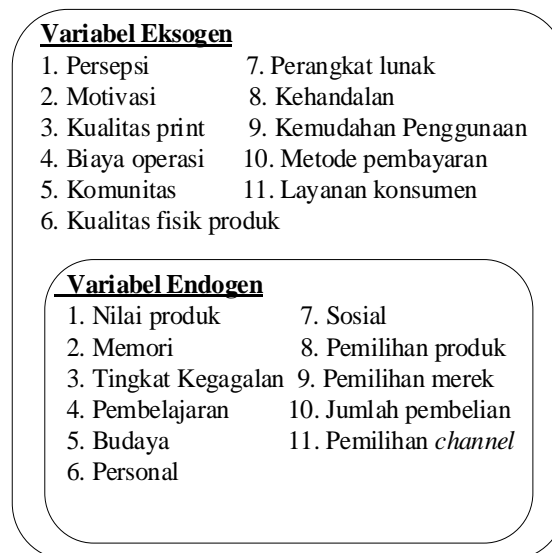
Gambar 1. Tahapan Penelitian.

3 Hasil dan pembahasan

Penelitian ini mempelajari perilaku konsumen yang akan dan sudah pernah membeli produk 3D *printer*. Konsumen dikelompokkan menjadi bagian-bagian (Wirastri, 2017), menurut penggunaannya (*user*) terbagi menjadi tiga kelompok besar yaitu perusahaan inovasi, institusi pendidikan dan masyarakat penggiat. Sedangkan menurut harga terbagi menjadi *high-end customer* dan *low-end customer*.

Tahap awal adalah merumuskan masalah yang akan dijadikan model. Model ini bertujuan untuk mencari kecenderungan konsumen dalam membeli produk 3D *Printer* pabrikan (*manufactured*) dan rakitan (*assembled*). Penentuan variabel kunci yang terdapat dalam perilaku konsumen didapatkan dari *Stimulus-Response Model* dan penelitian terdahulu. Berdasarkan tahapan keputusan pembelian, pemodelan dikelompokkan menjadi dua subsistem yaitu karakteristik konsumen dan keputusan pembelian. Subsistem karakteristik konsumen mencakup variabel kunci personal, budaya, sosial dan psikologi (Kotler and Keller, 2009; Kusuma, 2015; Sakas et al., 2015). Subsistem keputusan pembelian mencakup variabel kunci pemilihan produk 3D *printer*, pemilihan merek, pemilihan *channel*, jumlah pembelian, dan metode pembayaran (Kotler and Keller, 2009; Salmon, 2017; Sukoco dan Hartawan, 2011).

Tahapan berikutnya adalah formulasi hipotesis dinamis. Hipotesis dibangun dengan menggunakan *Model Boundary Diagram* dan *Causal Loop Diagram*. Model yang dibangun memiliki batasan tertentu yang mencakup variabel. Variabel tersebut dikelompokkan menjadi endogen dan eksogen, seperti ditunjukkan pada gambar 2.

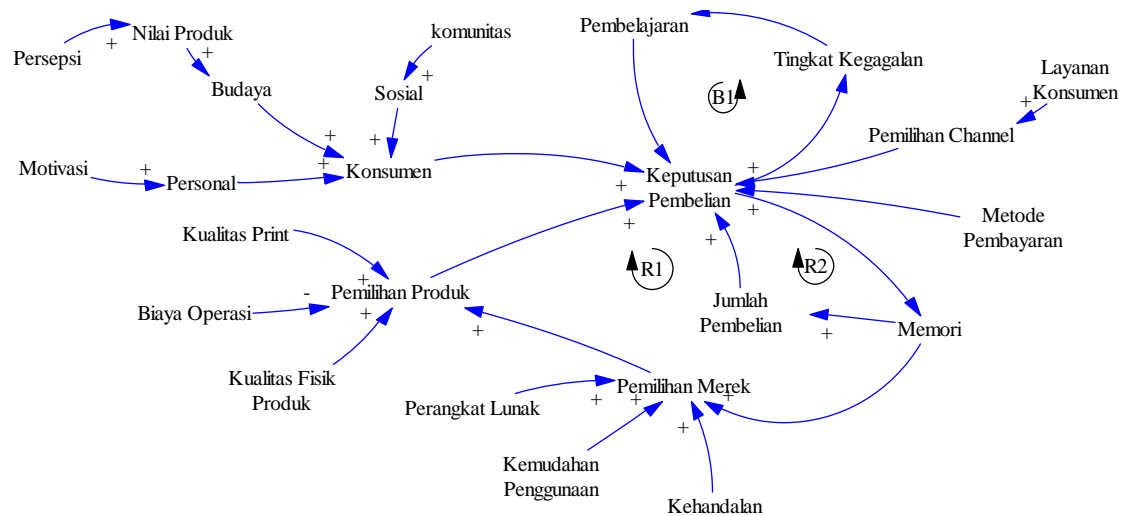


Gambar 2. *Model boundary diagram*

Hubungan timbal balik pada sistem digambarkan dan dijelaskan dengan *Loop* sebagai berikut :

- *Loop* B1 (Keputusan pembelian – Tingkat kegagalan – Pembelajaran), menunjukkan bahwa semakin besar tingkat kegagalan pada pembelian produk maka akan terekam dalam pembelajaran dengan kata lain konsumen akan berpikir ulang sebelum memutuskan membeli produk.
- *Loop* R1 (Keputusan pembelian – Memori – Pemilihan merek – Pemilihan produk) menunjukkan bahwa jika pembelian produk memuaskan sehingga akan diingat (memori), dengan mempertimbangkan pemilihan merek pada produk 3D *Printer* pada pembelian produk berikutnya.
- *Loop* R2 (Keputusan pembelian – Memori – Jumlah pembelian) menunjukkan bahwa jika pembelian produk memuaskan sehingga akan diingat (memori), untuk pembelian produk dengan spesifikasi dan merek yang sama.

Causal loop diagram yang dibangun ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3. Causal loop diagram

Pada tahapan selanjutnya, diperlukan informasi responden untuk mengkuantifikasikan *stock*, *flow*, *auxiliary*, konstanta, dan sebagainya. Alat ukur pada penelitian ini menggunakan kuesioner yang meliputi *open* dan *close question*. Teknik pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling*. Responden tahap pertama berjumlah 30 orang. Responden pada tahap pertama adalah konsumen yang sudah memiliki produk 3D *printer*. Tujuannya untuk mengurangi bias pada penentuan indikator. Indikator diukur menggunakan skala *Likert* dari 1 hingga 5, dengan nilai 5 adalah sangat setuju. Selanjutnya tahap kedua, dengan jumlah responden 100 orang. Responden pada tahap kedua adalah konsumen yang akan atau sudah membeli produk 3D *printer*. Untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antara variabel dan mengetahui seberapa kuat hubungan diantaranya, maka perlu dilakukan analisis regresi linier sederhana dan analisis determinasi (R^2). Pada hasil analisis, semakin baik nilai R^2 yang dihasilkan, maka semakin baik persamaan regresi tersebut merepresentasikan sistem nyata.

Tahap selanjutnya adalah formulasi model simulasi dengan membangun *stock and flow diagram*. Diagram awal dibangun dengan mengkuantitatifkan variabel karakteristik konsumen dan variabel keputusan pembelian. Data kuantitatif tersebut dimasukan sebagai data input pada simulasi. Penelitian ini menggunakan *software Vensim* dan *Powersim* sebagai alat bantu pembuatan diagram dan simulasi. Berikutnya adalah tahap Pengujian model simulasi dilakukan terhadap semua variabel untuk melihat apakah model sudah cukup merepresentasikan kondisi nyata. Setelah model dinyatakan lolos uji, maka tahap selanjutnya adalah menganalisa kebijakan dan evaluasi skenario yang telah diperbaiki terhadap hasil simulasi.

4 Kesimpulan dan saran

Model perilaku konsumen dengan batasan sebelas variabel endogen dan sebelas variabel eksogen telah cukup mewakili variabel yang ada di dunia nyata. *Causal loop diagram* terbentuk dari hasil wawancara kepada pengguna 3D *printer* dan penelitian terdahulu. Data primer akan menjadi input data simulasi, kemudian model diuji dan dilakukan pengembangan.

Subsistem karakteristik konsumen menunjukkan variabel kunci budaya, sosial, pribadi, dan psikologis secara parsial dan simultan, memiliki pengaruh terhadap subsistem keputusan pembelian (Kusuma, 2015; Sakas et al., 2015). Variabel kunci pemilihan produk 3D *printer* secara khusus teridentifikasi menjadi beberapa indikator yaitu kualitas print, kemudahan penggunaan, kualitas buatan, ketahanan, jumlah kegagalan, pelayanan konsumen, komunitas, biaya operasi, perangkat lunak dan nilai produk (Salmon, 2017).

Daftar Pustaka

- Aitken, W., Palmer, 2015, *Theses: A Market-based Approach to 3D Printing for Economic Development in Ghana*, Michigan Technological University.
- ITPC, 2013, Market Brief Mesin Printer, akses online 19 Oktober 2017, URL : http://www.itpcchicago.com/files/ITPC_Report.pdf
- Kotler, P., Keller, K.L., 2009, *Marketing management (13th ed.)*, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Kusuma, B.A., 2015, *Skripsi: Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keputusan Pembelian Konsumen Ponsel Merek Samsung*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Prihadi, S.D., 2017, Industri Printing Memasuki Era Digital 4.0, akses online 19 Oktober 2017, URL: <http://www.cnnindonesia.com/>
- Sakas, D.P., Drivas, I.C., Kavoura, A., 2015, Simulation Model for Commercial Success of Customer Behaviour, *Procedia Economics and Finance*, Vol. 24 pp. 598–605.
- Salmon, R.M., 2017, *Skripsi: Analisis Peluang Bisnis Penjualan Mesin 3D Printer menggunakan Market Opportunity Analysis*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sterman, J.D., 2000, *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*, McGraw-Hill.
- Sukoco, B.M., Hartawan, R.A., 2011, Pengaruh Pengalaman dan Keterikatan Emosional pada Merk terhadap Loyalitas Konsumen, *Jurnal Manajemen Teori Dan Terapan*, Vol. 4.
- Wirastri, M., 2017, *Skripsi: Analisis Product Service System dalam Model Bisnis Printer 3D di D.I. Yogyakarta*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wohlers, T., Caffrey, T., 2013, Additive manufacturing: going mainstream, *Manufacturing Eng*, Vol. 151 pp.67–73.



Maximize Blood Collection Routing Problem: Simulated Annealing Heuristic Approach

Nur Mayke Eka Normasari

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
Jl. Grafika no.2 Bulaksumur Yogyakarta 55281
E-mail: mayke@ugm.ac.id

Intisari

Kebutuhan darah yang terhitung semakin meningkat dan kurangnya persediaan darah yang ada membuat usaha untuk pengumpulan darah menjadi sangat penting untuk diteliti. Disamping pentingnya darah dalam kehidupan, darah termasuk produk yang tidak tahan lama. Hal ini membuat perhatian dalam penanganan terhadap pengumpulan darah semakin penting. Dalam usaha untuk mengumpulkan darah, memaksimalkan hasil darah yang dikumpulkan adalah poin yang penting untuk diteliti. Dengan adanya upaya untuk meningkatkan persediaan darah melalui cara memaksimalkan pengumpulan darah, diharapkan kekurangan darah dapat diatasi. Termotivasi dari pentingnya pengumpulan darah, penelitian ini mempelajari proses pengumpulan darah dengan tujuan untuk memaksimalkan pengumpulan darah yang didapatkan sebelum darah melebihi batas waktu kadaluarsanya (spoilage time). Permasalahan pengumpulan darah ini merupakan pengembangan dari permasalahan pemilihan rute optimal dengan time window yang dikenal dengan istilah vehicle routing problem with time window (VRPTW) dengan mempertimbangkan adanya batasan spoilage time dari darah. Pendekatan heuristik dengan menggunakan algoritma Simulated Annealing (SA) digunakan untuk menyelesaikan masalah pengumpulan darah maksimal secara umum. Hasil perhitungan yang menunjukkan maksimal darah yang didapatkan, waktu penyelesaian dan rute yang didapatkan, menunjukkan bahwa algoritma SA dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah pengumpulan darah maksimal dengan rata-rata waktu penyelesaian untuk semua kasus adalah 28,63 detik.

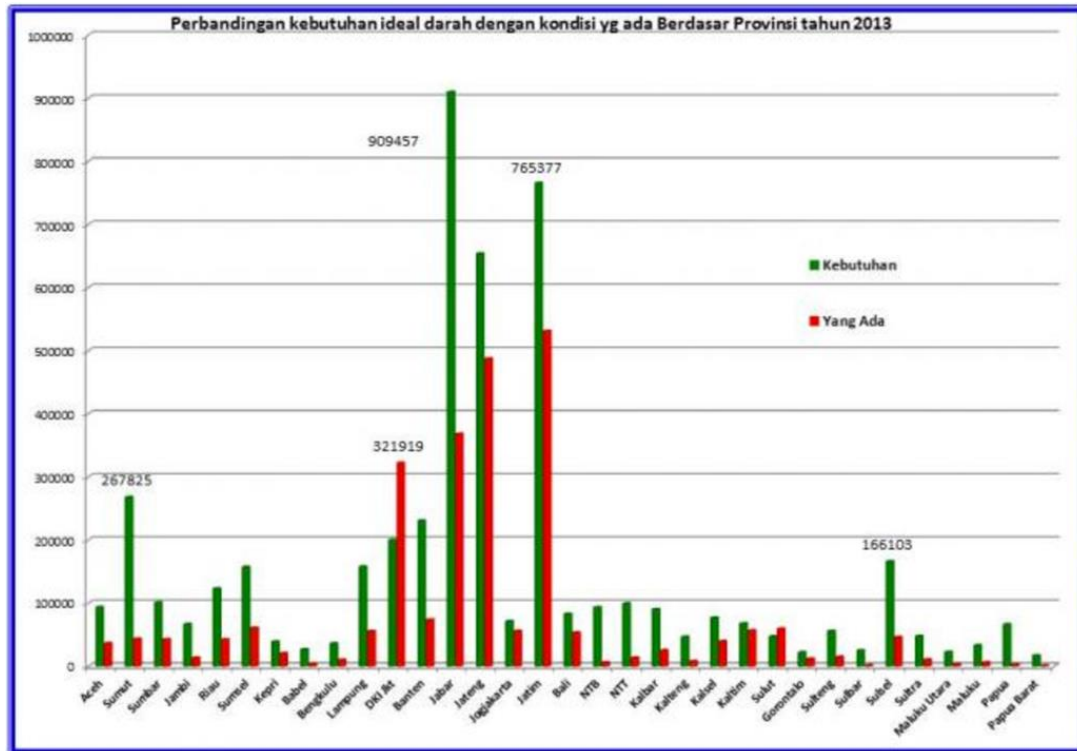
Kata Kunci: Maksimasi pengumpulan darah, VRP, Simulated Annealing, spoilage time.

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan darah dalam beberapa tahun terakhir ini terus meningkat, baik untuk tindakan operasi kasus kecelakaan ataupun kasus operasi terencana. Selain itu Darah juga dibutuhkan untuk kasus luka bakar, kanker darah dan kelompok orang yang kurang darah (anemia). Darah juga banyak diperlukan untuk komplikasi proses kehamilan dan persalinan, karena kita tahu bahwa kasus perdarahan akibat proses kehamilan dan persalinan masih tinggi, terutama di negara sedang berkembang.

Kebutuhan darah bagi masyarakat di Indonesia masih sangat terkendala rendahnya kesadaran masyarakat kita sendiri untuk menjadi donor sukarela sehingga ketersediaan darah di Unit Tranfusi Darah (UTD) masih rendah. Donor darah kita saat ini masih bersifat donor musiman dengan pengertian dilakukan berkaitan dengan event tertentu saja. Hal ini berbeda dengan masyarakat di negara maju. Mereka rutin menyumbang secara sukarela demi membantu sesama setiap 3 bulan. Akibat masih sedikitnya masyarakat menjadi donor sukarela membuat sulit bagi seseorang untuk mendapatkan darah saat diperlukan.





Gambar 1. Kebutuhan ideal dan ketersediaan darah (Sumber data: PMI-Pusat, Pusdatin dan BPS. Update 2013)

Dari Gambar 1 yang menunjukkan tingkat kebutuhan ideal darah dan ketersediaan darah yang ada, terlihat sangat perlunya memaksimalkan pengumpulan darah untuk memenuhi kebutuhan darah yang ideal. Pengumpulan darah yang telah dilakukan PMI selama ini hanya mampu memenuhi 60% kebutuhan darah (Soedarmono, 2010). Oleh karena itu upaya untuk memaksimalkan pengumpulan darah sangatlah dibutuhkan untuk bisa memenuhi kekurangan persediaan darah yang ada. Dalam hal ini, penelitian ini mengusulkan untuk membuat model umum rute pengumpulan darah yang bertujuan untuk memaksimalkan pengumpulan darah yang didapatkan.

Darah adalah produk yang tidak bisa bertahan lebih dari 360 menit setelah proses pengambilan (Yi, 2003). Untuk itu, dalam proses pengumpulan darah, blood center harus mempertimbangkan cara yang paling tepat untuk bisa memaksimalkan mengumpulkan darah tanpa membuat darah yang dikumpulkan kadaluarsa.

Manajemen rantai pasok darah telah dipelajari dalam beberapa literature, namun pembahasan tentang perencanaan untuk mengumpulkan darah tergolong masih sangat sedikit (Baş, Seda, et al., 2016). Studi tentang pengumpulan darah pertama kali dilakukan oleh Cumming et al. (1976), yang mempelajari bagaimana memperkirakan rencana untuk pengumpulan darah. Selanjutnya Pegels et al. (1997) mempelajari tentang kebijakan dalam system pengumpulan darah untuk mencapai tujuan nasional suatu negara. Pengkajian tentang kebijakan untuk manajemen dalam sistem jasa darah dilakukan oleh Prastacos (1984).

Studi tentang pengumpulan darah pertama kali dilakukan oleh Michaels et al. (1993) yang mengkaji tentang penjadwalan pengumpulan darah di American Red Cross (ARC). Studi tentang aktivitas pengumpulan darah di ARC dilanjutkan oleh Yi (2003) yang memulai mengenalkan penggunaan Vehicle Routing Problem (VRP) dalam masalah pengumpulan darah. Dengan menggunakan konsep VRP, Yi (2003) mencoba mencari cara yang paling efisien dari segi waktu tempuh dalam proses pengumpulan darah, untuk mengumpulkan darah yang cukup. Penelitian Yi (2003) menunjukkan hasil yang significant terhadap penurunan biaya transportasi yang mencapai rata-rata penurunan sampai 60%.

Penelitian tentang pengumpulan darah dilanjutkan oleh Doerner et al. (2008), yang meneliti pengumpulan darah di Austrian Red Cross. Dalam penelitiannya, Doerner et al. (2008) mempertimbangkan pengumpulan darah dari satu lokasi donor secara berulang. Permasalahan pengumpulan darah yang dilakukan oleh Doerner et al. (2008) dimodelkan dengan menggunakan konsep VRP dengan melakukan pengembangan pada frekuensi pengumpulan darah.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, masih sedikit yang membahas tentang pengumpulan darah yang maksimal. Untuk itu penelitian ini mencoba mengembangkan studi tentang penerapan konsep VRP untuk pengumpulan darah dengan tujuan untuk memaksimalkan hasil darah yang dikumpulkan. Dalam penelitian ini, algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan kasus yang diteliti adalah standard SA dengan pertimbangan bahwa SA adalah salah satu meta-heuristic yang paling sering digunakan dan telah berhasil memecahkan beberapa kasus VRP (Alfa dkk, 1991; Van Breedam, 1995; Lin dkk, 2006; Kuo, 2010; Lin dkk, 2011, Xiao, 2012)

2. Metodologi

Penelitian ini dimulai dengan mempelajari masalah pengumpulan darah untuk mendapatkan gambaran konsep tentang sistem pengumpulan darah yang umumnya dilakukan. Tahap berikutnya adalah pendefinisan masalah yang dilakukan dengan merumuskan model konsep untuk proses pengumpulan darah lalu dilanjutkan dengan pembuatan pemrograman model konsep dalam bahasa C++. Setelah itu, dikembangkan pemrograman algoritma SA dalam bahasa C++ yang selanjutnya akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang telah dibangun untuk mendapatkan rute optimal dengan tujuan memaksimalkan pengumpulan darah dari semua kasus yang dikembangkan. Algoritma SA yang digunakan dalam penelitian ini, adalah algoritma standard SA. Standard SA terdiri dari dua fase, yaitu fase inisiasi solusi awal dan fase perbaikan solusi. Pada fase perbaikan solusi, algoritma berusaha untuk memperbaiki kualitas solusi dengan struktur *neighborhood* dan *local search*.

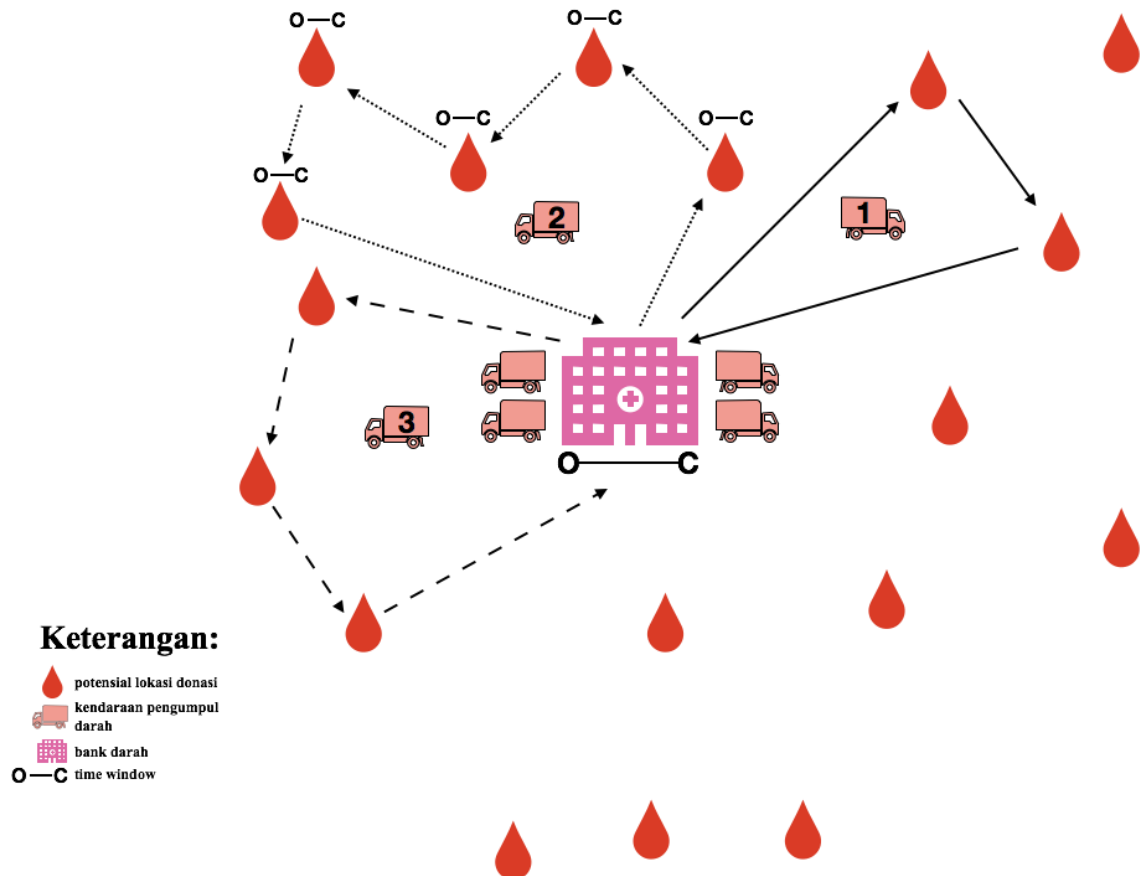
Dikarenakan masalah rute pengumpulan darah termasuk masalah baru yang belum banyak diteliti, pengembangan contoh permasalahan dalam penelitian ini akan didasarkan pada dataset kasus VRPTW Solomon. Dataset dari kasus VRPTW Solomon yang digunakan adalah data *small instance* yang terdiri dari 25 konsumen. Kasus VRPTW Solomon terdiri dari 3 macam kategori konsumen, yaitu konsumen yang terdistribusi secara terkluster (*clustered konsumen*), konsumen yang terdistribusi secara random (*randomized customer*), dan konsumen yang terdistribusi secara campuran (*randomized clustered konsumen*).

Dalam penggunaannya untuk mengembangkan contoh kasus pada masalah pengumpulan darah, beberapa penyesuaian dilakukan pada dataset kasus VRPTW Solomon, yaitu pada jumlah kendaraan dan kapasitas kendaraan yang digunakan. Untuk kasus pengumpulan darah, jumlah kendaraan ditentukan sebanyak 15 buah dengan kapasitas masing-masing kendaraan adalah 50 satuan kapasitas.

3. Hasil dan Pembahasan

Konsep model dari sistem pengumpulan darah yang dibangun dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.





Gambar 2. Ilustrasi sistem jaringan pengumpulan darah

Gambar 2 menunjukkan bahwa sistem pengumpulan darah digambarkan dengan sebuah jaringan yang terdiri dari fasilitas pemrosesan darah yaitu bank darah dan fasilitas pemasok darah (*supply location*) yang berupa lokasi potensial pengumpulan darah. Dalam penelitian ini, lokasi bank darah dan waktu operasinya serta seluruh lokasi potensial untuk donasi darah beserta waktu pelaksanaannya telah diketahui di awal. Bank darah dalam hal ini bertanggung jawab untuk proses pengumpulan darah dengan mengatur rute dari kendaraan pengumpul darah untuk menghasilkan pengumpulan darah yang maksimal dengan sistem yang tidak semua potential lokasi pengumpul darah harus dikunjungi dan semua rute berawal dari dan kembali ke bank darah (depot). Pembangunan rute juga dibatasi oleh waktu operasi bank darah, waktu pelaksanaan donasi, waktu kadaluarsa darah (*spoilage time*) dan kapasitas kendaraan pengumpul darah. Pengumpulan darah oleh kendaraan harus diselesaikan sebelum *spilage time* dari darah yaitu 6 jam dari setelah darah dikumpulkan (Yi, 2003).

Hasil perhitungan dengan menggunakan algoritma Simulated Annealing pada sistem pengumpulan darah diatas dapat dilihat pada Tabel 1-Table 3, Tabel 1 merupakan hasil dari kasus *Clustered Conusmen*, Tabel 2 merupakan hasil dari kasus *Randomized Conusmen*, dan Tabel 3 merupakan hasil dari kasus *Randomized Clustered Conusmen*.

Tabel 1 Solusi *Running* Algoritma SA pada kasus *Clustered Consumen*

No.	Kasus	Max. darah	Waktu perhitungan (detik)	Rute
1	C101	454,3029	24,5160	0 17 19 13 4 0 15 10 9 5 0 18 0 14 6 1 0 8 7 0 12 11 0 16 2 0 3 20 0
2	C102	454,3029	24,6090	0 11 12 0 17 19 13 4 0 7 8 1 0 18 0 15 10 9 5 0 2 16 0 6 14 0 3 20 0
3	C103	454,3029	24,6410	0 16 2 0 15 10 9 5 0 11 12 0 6 14 0 18 0 4 13 19 17 0 3 20 0 7 8 1 0
4	C104	454,3029	24,6720	0 4 13 19 17 0 15 10 9 5 0 18 0 14 6 0 12 11 0 16 2 0 1 8 7 0 20 3 0
5	C105	454,3029	24,6410	0 7 8 1 0 20 3 0 14 6 0 18 0 15 10 9 5 0 2 16 0 4 13 19 17 0 11 12 0
6	C106	468,2021	25,2350	0 2 16 0 15 10 9 5 0 18 0 6 14 4 0 12 11 0 3 20 0 1 8 7 0 13 19 17 0
7	C107	468,2021	26,1090	0 5 9 10 15 0 16 2 0 4 14 6 0 18 0 12 11 0 1 8 7 0 20 3 0 13 19 17 0
8	C108	468,2021	25,8910	0 11 12 0 16 2 0 4 14 6 0 18 0 5 9 10 15 0 3 20 0 7 8 1 0 17 19 13 0
9	C109	454,3029	24,6870	0 5 9 10 15 0 12 11 0 18 0 14 6 0 2 16 0 3 20 0 7 8 1 0 17 19 13 4 0
10	C201	454,3029	24,5790	0 5 9 10 15 0 1 8 7 0 18 0 6 14 0 2 16 0 11 12 0 17 19 13 4 0 20 3 0
11	C202	603,7594	29,9850	0 5 2 0 20 22 21 0 13 12 0 16 14 0 19 15 0 11 10 8 0 23 18 17 0 25 9 0 1 7 3 4 0 24 6 0
12	C203	603,7594	29,7810	0 25 9 0 19 15 0 2 5 0 13 12 0 1 7 3 4 0 11 10 8 24 0 6 0 16 14 0 21 22 20 0 23 18 17 0
13	C204	603,7594	29,7970	0 2 5 0 25 9 0 21 22 20 0 11 10 8 24 0 6 23 0 18 17 19 0 15 14 0 16 0 12 13 0 1 7 3 4 0
14	C205	603,7594	30,1880	0 12 13 0 23 18 17 0 20 22 21 0 24 6 0 9 25 0 11 10 8 0 14 16 0 19 15 0 1 7 3 4 0 2 5 0
15	C206	603,7595	29,9230	0 20 22 21 0 16 14 0 9 25 0 2 5 1 0 7 3 4 11 0 10 8 0 19 15 0 23 18 17 0 13 12 0 24 6 0
16	C207	603,7594	30,2820	0 20 22 21 0 15 19 0 8 10 11 0 1 7 3 4 0 13 12 0 16 14 0 23 18 17 0 9 25 0 5 2 0 6 24 0
17	C208	603,7594	30,3745	0 12 13 0 6 24 0 8 10 11 0 19 15 0 20 22 21 0 23 18 17 0 16 14 0 2 5 9 0 25 0 1 7 3 4 0
Rata-rata		518.2966	27.0536	



Tabel 2 Solusi *Running* Algoritma SA pada kasus *Randomized Consumen*

No.	Kasus	Max. darah	Waktu perhitungan (detik)	Rute
1	R101	636,2802	27,4840	0 9 20 1 0 18 6 13 0 5 16 17 0 12 3 24 25 0 23 4 0 14 15 22 0 11 19 10 0 2 21 0 7 8 0
2	R102	586,6737	27,2970	0 14 16 6 2 0 15 22 21 0 18 13 7 0 11 19 10 0 23 4 0 12 3 24 25 0 9 20 1 0 8 17 5 0
3	R103	555,2309	27,8600	0 7 19 11 10 0 23 4 0 18 8 17 5 0 3 24 25 12 0 13 0 6 16 14 0 9 20 1 0 2 15 22 21 0
4	R104	552,8357	27,5000	0 3 24 25 12 0 15 14 16 6 0 18 8 17 5 0 7 19 11 10 0 13 0 9 20 1 0 23 4 0 2 22 21 0
5	R105	597,4636	27,5940	0 12 3 24 25 0 23 22 0 11 19 7 10 0 14 15 16 17 0 6 13 0 9 20 1 0 5 8 18 0 2 21 4 0
6	R106	555,2310	27,1560	0 14 16 6 0 23 4 0 18 8 17 5 0 7 19 11 10 0 3 24 25 12 0 13 0 9 20 1 0 2 15 22 21 0
7	R107	553,1812	27,8280	0 13 16 0 14 15 6 18 0 8 17 5 2 0 21 4 25 24 0 23 22 0 12 3 7 0 19 11 10 0 1 20 9 0 0
8	R108	545,2292	26,9690	0 18 8 17 5 0 10 11 19 7 0 22 2 13 0 21 23 25 24 0 15 14 16 6 0 3 9 20 0 1 12 4 0 0 0
9	R109	555,9082	28,2030	0 22 23 0 5 8 18 6 0 7 19 11 10 0 9 20 1 0 12 3 0 15 14 16 17 0 13 0 2 21 4 25 24 0 0
10	R110	546,9728	27,5160	0 5 17 8 18 0 2 21 4 25 24 0 9 20 1 0 22 23 0 15 14 16 6 0 7 19 11 10 0 13 0 12 3 0 0
11	R111	545,2292	27,4380	0 18 8 17 5 0 7 19 11 10 0 21 23 25 24 0 15 14 16 6 0 4 12 1 0 22 2 13 0 20 9 3 0 0 0
12	R112	542,9639	27,7820	0 6 16 14 15 0 7 19 11 10 0 5 17 8 18 0 23 22 0 13 2 12 0 21 4 25 24 1 0 20 9 3 0 0 0
13	R201	569,7874	27,7340	0 12 3 1 0 23 22 0 15 14 16 17 0 5 8 18 6 0 13 0 11 19 7 0 2 21 4 25 24 0 9 20 10 0 0
14	R202	542,9639	27,5000	0 3 9 20 0 21 4 25 24 1 0 18 8 17 5 0 7 19 11 10 0 15 14 16 6 0 23 22 0 12 2 13 0 0 0
15	R203	542,9639	27,6560	0 18 8 17 5 0 7 19 11 10 0 3 9 20 0 15 14 16 6 0 21 4 25 24 1 0 23 22 0 13 2 12 0 0 0
16	R204	542,9639	27,8180	0 10 11 19 7 0 5 17 8 18 0 15 14 16 6 0 23 22 0 3 9 20 0 21 4 25 24 1 0 13 2 12 0 0 0
17	R205	551,8993	27,7430	0 20 9 3 0 21 4 25 24 1 0 23 22 0 15 14 16 17 0 7 19 11 10 0 5 8 18 6 0 12 2 13 0 0 0
18	R206	554,3027	27,7820	0 2 21 4 25 24 0 15 14 16 6 0 9 20 0 13 7 0 19 11 10 0 18 8 17 5 0 1 3 12 0 22 23 0 0
19	R207	542,9639	27,2660	0 13 2 12 0 20 9 3 0 18 8 17 5 0 15 14 16 6 0 7 19 11 10 0 1 24 25 4 21 0 22 23 0 0 0
20	R208	542,9639	27,6720	0 20 9 3 0 12 2 13 0 18 8 17 5 0 15 14 16 6 0 10 11 19 7 0 1 24 25 4 21 0 22 23 0 0 0
21	R209	542,9640	27,7660	0 12 2 13 0 23 22 0 7 19 11 10 0 21 4 25 24 1 0 3 9 20 0 5 17 8 18 0 6 16 14 15 0 0 0
22	R210	542,9640	27,6410	0 21 4 25 24 1 0 20 9 3 0 7 19 11 10 0 23 22 0 15 14 16 6 0 18 8 17 5 0 12 2 13 0 0 0
23	R211	542,9639	27,9690	0 5 17 8 18 0 21 4 25 24 1 0 12 2 13 0 23 22 0 10 11 19 7 0 3 9 20 6 0 16 14 15 0 0 0
Rata-rata		556,2131	27,6163	



Tabel 3. Solusi *Running* Algoritma SA pada kasus *Randomized Clustered Consumer*

No.	Kasus	Max. darah	Waktu perhitungan (detik)	Rute
1	RC101	949,3256	30,3130	0 4 0 11 0 5 3 1 0 23 18 0 21 25 25 0 19 20 0 2 7 0 8 6 0 9 10 0 12 15 13 0 14 16 17 0 22 24 0 0
2	RC102	944,6229	30,6410	0 21 25 25 0 19 20 0 9 10 0 11 0 5 3 1 0 12 14 17 0 23 18 0 7 8 6 0 22 24 0 2 0 4 0 15 16 13 0 0
3	RC103	944,6629	31,8600	0 1 3 5 0 6 8 7 0 4 0 21 25 25 0 2 0 11 0 22 24 0 19 20 0 15 16 13 0 17 14 12 0 9 10 0 23 18 0 0
4	RC104	944,6229	31,0940	0 2 0 10 9 0 15 16 13 0 11 0 23 18 0 5 3 1 0 4 0 22 24 0 12 14 17 0 19 20 0 25 25 21 0 6 8 7 0 0
5	RC105	944,6229	31,0160	0 12 14 17 0 4 0 21 25 25 0 11 0 9 10 0 2 0 19 20 0 15 16 13 0 5 3 1 0 7 8 6 0 22 24 0 23 18 0 0
6	RC106	944,6229	31,1410	0 11 0 2 0 4 0 5 3 1 0 19 20 0 22 24 0 9 10 0 7 8 6 0 15 16 13 0 21 25 25 0 12 14 17 0 23 18 0 0
7	RC107	944,6229	31,2190	0 18 23 0 2 0 11 21 0 25 25 0 4 24 0 22 0 19 20 0 10 9 0 5 3 1 0 6 8 7 0 15 16 13 0 12 14 17 0 0
8	RC108	944,6228	32,5780	0 4 0 23 18 0 11 0 2 1 0 3 5 0 10 9 0 19 20 0 12 14 17 0 22 24 0 6 8 7 0 21 25 25 0 15 16 13 0 0
9	RC201	949,3257	30,3600	0 19 20 0 4 0 14 16 17 0 12 15 13 0 21 25 25 0 11 0 2 0 22 24 0 23 18 0 5 3 1 0 7 8 6 0 9 10 0 0
10	RC202	944,6229	31,2510	0 12 14 17 0 11 0 15 16 13 0 5 3 1 0 4 0 19 20 0 23 18 0 22 24 0 21 25 25 0 9 10 0 6 8 7 0 2 0 0
11	RC203	944,6228	31,0010	0 18 23 0 4 0 11 0 2 9 0 10 5 0 3 1 0 19 20 0 25 25 21 0 15 16 13 0 12 14 17 0 6 8 7 0 22 24 0 0
12	RC204	944,6229	31,5320	0 25 21 0 17 14 12 0 15 16 13 0 10 9 0 11 0 4 0 19 20 0 23 18 0 6 8 7 0 2 0 22 24 0 5 3 1 0 0
13	RC205	944,6229	30,9530	0 11 0 9 10 0 12 14 17 0 2 0 19 20 0 23 18 0 4 0 15 16 13 0 1 3 5 0 6 8 7 0 22 24 0 21 25 25 0 0
14	RC206	944,6229	39,8600	0 11 21 0 25 25 0 5 3 1 0 19 20 0 22 24 0 9 10 0 4 0 15 16 13 0 12 14 17 0 7 8 6 0 18 23 0 2 0 0
15	RC207	944,6229	31,5010	0 4 13 0 16 15 0 11 0 19 20 0 2 0 10 9 0 23 18 0 7 8 6 0 21 25 0 17 14 12 0 22 24 0 5 3 1 0 0
16	RC208	944,6228	31,9850	0 4 0 11 0 18 23 0 20 19 0 1 3 5 0 9 10 0 17 14 12 0 6 8 7 0 22 24 0 13 16 15 0 21 25 25 0 2 0 0
Rata-rata		945.2132	31.7691	

Dari solusi algoritma standard SA, dapat dilihat bahwa hasil rute yang didapatkan sudah sesuai sistem yang ditentukan, yaitu kendaraan dimulai dari dan kembali ke depot (depot dinotasikan dengan angka 0), serta tidak semua lokasi potensial donasi harus dikunjungi yang membuat tidak semua kendaraan harus digunakan. Dalam kasus pengumpulan darah yang dibangkitkan, dapat dilihat bahwa waktu penyelesaian dari kasus *clustered customer* dan *randomized customer* lebih cepat dibandingkan dengan kasus *randomized clustered customer*. Hal ini dapat disebabkan karena tingkat kesulitan yang dimiliki oleh masing-masing kasus. Namun, jika dilihat dari solusi maksimal pengumpulan darah yang dihasilkan, maksimal rata-rata darah yang dihasilkan didapatkan dari kasus *randomized clustered customer*, yaitu sebesar 945.21. Hal ini menunjukkan bahwa pengumpulan darah maksimal dipengaruhi oleh distribusi potensial lokasi donasi, dimana hasil rata-rata maksimal pengumpulan darah didapatkan saat



potential lokasi donasi terdistribusi secara campuran (random dan kluster). Untuk kriteria waktu penyelesaian pada kasus maksimasi rute pengumpulan darah, dari hasil yang didapatkan pada semua kasus, dapat dilihat bahwa algoritma SA mampu menyelesaikan semua kasus dalam waktu yang relatif singkat, dengan rata-rata 28,63 detik.

4. Kesimpulan dan Saran

Dalam penelitian ini, konsep maksimasi rute pengumpulan darah telah dikembangkan. Permasalahan dibangkitkan untuk menggambarkan kemungkinan kondisi sistem nyata yang dihadapi dan diselesaikan menggunakan pendekatan algoritma standard SA. Permasalahan dan algoritma SA yang digunakan diprogramkan dengan menggunakan bahasa C++. Dari hasil yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa pemrograman yang dibangun sudah sesuai dengan konsep sistem yang ditentukan. Selain itu, penggunaan algoritma SA menunjukkan bahwa kasus yang dihadapi dapat diselesaikan dalam waktu yang relatif singkat, dengan rata-rata waktu penyelesaian pada semua kasus sebesar 28,63 detik. Dikarenakan algoritma yang digunakan hanya satu, maka estimasi untuk kinerja algoritma untuk kualitas solusi yang dihasilkan belum bisa dievaluasi. Penelitian kedepannya dapat dilakukan dengan mengembangkan algoritma heuristik lain untuk dapat mengevaluasi kualitas solusi yang dihasilkan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin menyampaikan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada pihak Departemen Teknik Mesin dan Industri (DTMI), Fakultas Teknik (FT), Universitas Gadjah Mada (UGM) atas bantuan dana untuk pengerjaan dan penyelesaian penelitian ini, serta untuk publikasi dari penelitian ini, dalam skema Hibah DTMI 2017 dengan SK No. 861/H1.17/TMI/LK/2017.

Daftar Pustaka

- Baş, S., Carello, G., Lanzarone, E., Ocak, Z., & Yalçındağ, S. (2016). Management of Blood Donation System: Literature Review and Research Perspectives. *Health Care Systems Engineering for Scientists and Practitioners*. (pp. 121-132): Springer.
- Cumming, P. D., Kendall, K. E., Pegels, C. C., Seagle, J. P., & Shubsda, J. F. (1976). A collections planning model for regional blood suppliers: description and validation. *Management Science*, 22(9), 962-971.
- Doerner, K. F., Gronalt, M., Hartl, R. F., Kiechle, G., & Reimann, M. (2008). Exact and heuristic algorithms for the vehicle routing problem with multiple interdependent time windows. *Computers & Operations Research*, 35(9), 3034-3048.
- Haksever, C., Render, B., Russel, R. Murdick, R. (2000). Vehicle routing and scheduling. *Service management and operations*. Prentice-Hall.
- Michaels, J. D., Brennan, J. E., Golden, B. L., & Fu, M. C. (1993). A simulation study of donor scheduling systems for the American Red Cross. *Computers & operations research*, 20(2), 199-213.
- Pegels, C. C., Seagle, J., Cumming, P., Kendall, K., & Shubsda, J. (1977). An analysis of selected blood service policy changes. *Medical care*, 15(2), 147-157.
- Prastacos, G. P. (1984). Blood inventory management: an overview of theory and practice. *Management Science*, 30(7), 777-800.
- Salani, M. dan Vacca, I. (2011). Branch and price for the vehicle routing problem with discrete split deliveries and time windows. *European Journal of Operational Research*, 213(3), 470–477.
- Soedarmono, Yuyun SM. Donor issues in Indonesia: A developing country in South East Asia. *Biologicals* 38.1 (2010): 43-46.
- Toth, P. dan Vigo, D., (2002). Models, Relaxations and Exact Approaches for The Capacitated Vehicle Routing Problem. *Discrete Applied Mathematics*, 123, hal. 487-512.



- Yi, Jinxin. (2003). Vehicle routing with time windows and time-dependent rewards: A problem from the American Red Cross. *Manufacturing & Service Operations Management* 5.1.: 74-77.
- Alfa, A. S., S. S. Heragu, et al. (1991). A 3-opt based simulated annealing algorithm for vehicle routing problems. *Computers & Industrial Engineering* 21(1): 635-639.
- Van Breedam, A. (1995). Improvement heuristics for the vehicle routing problem based on simulated annealing. *European Journal of Operational Research* 86(3): 480-490.
- Lin, S.-W., K.-C. Ying, et al. (2006). Applying simulated annealing approach for capacitated vehicle routing problems. Systems, Man and Cybernetics, 2006. SMC'06. *IEEE International Conference*, IEEE.
- Kuo, Y. (2010). Using simulated annealing to minimize fuel consumption for the time-dependent vehicle routing problem. *Computers & Industrial Engineering* 59(1): 157-165.
- Lin, S.-W., V. F. Yu, et al. (2011). A simulated annealing heuristic for the truck and trailer routing problem with time windows. *Expert Systems with Applications* 38(12): 15244-15252.
- Xiao, Y., Q. Zhao, et al. (2012). Development of a fuel consumption optimization model for the capacitated vehicle routing problem. *Computers & Operations Research* 39(7): 1419-1431.



Pengembangan Algoritma *Modified Longest Processing Time* untuk Penyelesaian Masalah Penjadwalan n Pekerjaan m Mesin Paralel

Rifa Arifati¹, Ati Zaidiah²

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, UPN Veteran Jakarta

²Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, UPN Veteran Jakarta
Jalan RS Fatmawati no. 1 Pondok Labu Jakarta Selatan 12450
Telp.(021) 7656971
E-mail: rifa@upnvj.ac.id

Intisari

Penelitian ini membahas masalah penjadwalan n pekerjaan m mesin paralel tanpa memperhatikan urutan pengerjaan untuk meminimumkan makespan dan tidak terdapat perbedaan waktu proses apabila dikerjakan di mesin yang berbeda. Penyelesaian secara analitik umumnya memerlukan waktu lama karena melibatkan variabel integer. Beberapa algoritma heuristik telah dikembangkan diantaranya Modified Longest Processing Time. Dalam penelitian ini, dilakukan pengembangan terhadap algoritma MLPT. Pengembangan dilakukan dengan melakukan pertukaran terhadap pekerjaan-pekerjaan tertentu dengan tujuan meminimumkan selisih beban setiap mesin terhadap beban optimum. Algoritma yang dikembangkan diterapkan terhadap beberapa contoh kasus yang digunakan beberapa penelitian. Hasil makespan yang didapat kemudian dibandingkan dengan uji analisis variansi terhadap algoritma MLPT. Hasil uji menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara algoritma yang diusulkan dan algoritma MLPT.

Kata Kunci: penjadwalan mesin, n job m mesin paralel, makespan, heuristik, MLPT.



1 Pendahuluan

Penjadwalan merupakan salah satu hal penting agar kegiatan operasional suatu sistem produksi efisien. Dalam Halim (2005) menyebutkan persentase waktu yang digunakan untuk melakukan proses produksi hanya 1,5% dari waktu *manufacturing lead time* atau lama sebuah produk berada di sistem produksi, sisanya 98,5% adalah waktu pemindahan dan menunggu (95%) dan waktu *set up* (3,5%), yang merupakan kegiatan yang tidak menghasilkan nilai tambah. Untuk mengurangi waktu pemindahan dan menunggu dilakukan penjadwalan. Salah satu masalah penjadwalan yang banyak aplikasinya adalah penjadwalan n pekerjaan m mesin paralel (Mokotoff, 1999). Masalah nyata yang bisa dimodelkan dengan penjadwalan n pekerjaan m mesin paralel antara lain mesin paralel di lini produksi, dok kapal – kapal, guru - kelompok murid, ruang operasi – pasien dan lain-lain.

Beberapa metode penjadwalan klasik telah dikembangkan untuk masalah ini, antara lain algoritma *Modified Longest Processing Time* (MLPT). Jadwal optimum bisa dihasilkan apabila *makespan* yang dihasilkan sama dengan *makespan* yang dihasilkan apabila beban pekerjaan dibagi rata ke semua mesin atau beban optimum. Namun dari kasus yang ada, algoritma MLPT ini belum dapat menghasilkan jadwal optimum. Sedangkan pengembangan algoritma yang lebih lanjut telah dilakukan oleh Graham (1969) *List Scheduling Family*, Coffman et al. (1978) *MultiFit*, Lee dan Massey (1988) *Combine*, Gupta dan Ruiz-Torres (2001) *ListFit* seperti disebutkan dalam Kuruville dan Paletta (2012). Algoritma-algoritma tersebut tetap belum sepenuhnya menghasilkan *makespan* optimum, meski prosedur dan waktu pengerjaan lebih membutuhkan waktu lama.

Dalam penelitian ini, dikembangkan algoritma sederhana untuk memperbaiki algoritma MLPT. Penulisan jurnal ini dilakukan sebagai berikut: bagian B akan menjelaskan metodologi penelitian yang dilakukan, bagian C mendeskripsikan pengembangan algoritma yang dilakukan beserta contohnya, bagian D akan membahas hasil dan diakhiri kesimpulan di bagian E.

2 Metodologi

Algoritma yang dikembangkan berupa algoritma heuristik, yang berarti algoritma akan menghasilkan solusi mendekati optimum. Algoritma akan diaplikasikan ke dalam masalah yang disebutkan dalam Sivasankaran et. al (2010).

Hasil penghitungan akan dibandingkan dengan hasil MLPT. Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan *makespan* yang dihasilkan kedua algoritma tersebut, dilakukan uji analisis variansi (Anova).

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Pendefinisian Masalah

Masalah penjadwalan n job m mesin paralel identik untuk meminimumkan *makespan* dapat diformulasikan dalam pemrograman integer (Baker, 1974) sebagai berikut:

Dimisalkan y mewakili *makespan* jadwal dan x_{ij} adalah variabel keputusan yang didefinisikan:

$x_{ij} = 1$ jika job i ditugaskan di mesin j

$x_{ij} = 0$ jika tidak

Maka formulasinya:

$$\begin{aligned} \text{Minimumkan} \quad & y \\ \text{Dengan batasan} \quad & y - \sum_{i=1}^n t_i x_{ij} \geq 0 \quad 1 \leq j \leq m \\ & \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad 1 \leq i \leq n \\ & x_{ij} \geq 0 \quad \text{dan integer} \end{aligned} \tag{1}$$

Di mana t_i adalah waktu proses pekerjaan ke i . Dan formulasi ini akan mengandung $mn + 1$ variabel.

3.2 Rasional

Algoritma yang diusulkan dikembangkan dari ide untuk menyeimbangkan beban antar mesin. Jika selisih beban antar mesin semakin kecil, maka beban mesin terbesar semakin pendek.



Dengan beban mesin terbesar semakin pendek, maka *makespan* jadwal secara keseluruhan semakin pendek juga.

3.4 Algoritma Usulan Penjadwalan n Pekerjaan m Mesin Paralel Identik

Berikut langkah-langkah algoritma yang diusulkan:

1. Hitung optimum beban per mesin dengan rumus sbb:

$$\text{Beban optimum} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i x_{ij}}{m} \quad (2)$$
2. Tugaskan pekerjaan di mesin-mesin dengan algoritma MLPT (Alharkan, 2002)
3. Evaluasi jadwal yang dihasilkan di langkah ke-2 dengan langkah berikut:
 - a. Hitung selisih beban masing-masing mesin dengan beban optimum
 - b. Lakukan pertukaran pekerjaan dari suatu mesin ke mesin lain dengan aturan sebagai berikut:
 - i. Pertukaran dimulai dari pekerjaan di mesin dengan beban terbesar ditukar dengan pekerjaan di mesin dari beban terkecil. Apabila tidak dapat terjadi penukaran, lakukan dengan pekerjaan di mesin dengan beban terkecil kedua dan seterusnya.
 - ii. Pertukaran pekerjaan dilakukan jika selisih beban antara pekerjaan yang akan ditukar lebih kecil dari penjumlahan selisih beban dengan beban optimum yang telah dihitung pada langkah 3a untuk masing-masing pekerjaan yang akan ditukar tersebut. Pertukaran harus dilakukan pada pekerjaan di mesin dengan beban terbesar lebih besar waktunya dari pekerjaan pada mesin dengan beban terkecil. Pertukaran dapat dilakukan dengan pertukaran 1 pekerjaan dengan 1 pekerjaan, 1 pekerjaan dengan 2 pekerjaan, 2 pekerjaan dengan 2 pekerjaan dan seterusnya.
4. Lakukan kembali langkah i dan ii, hingga tidak ada pekerjaan yang bisa ditukar lagi
5. Hitung *makespan* dari jadwal yang dihasilkan.

3.5 Contoh Penghitungan

Berikut merupakan salah satu contoh perhitungan penjadwalan mesin untuk 9 job pada 4 mesin yang terdapat pada Alharkan (2002):

Tabel 1. Dataset job untuk contoh

Pekerjaan	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Waktu	7	7	6	6	5	5	4	4	4

Langkah-langkah yang dilakukan:

1. Hitung optimum beban per mesin dengan rumus sbb:

$$\text{Beban optimum} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i x_{ij}}{m}$$

$$= (7+7+6+6+5+5+4+4+4)/4 = 48/4 = 12$$
2. Tugaskan pekerjaan di mesin-mesin dengan algoritma MLPT

Tabel 2. Jadwal hasil MLPT

Mesin	Jadwal	Waktu selesai	Makespan
M1	7 – 4 – 4	15	15
M2	7 – 4	11	
M3	6 – 5	11	
M4	6 – 5	11	

3. Evaluasi jadwal yang dihasilkan di langkah ke-2 dengan langkah berikut:
 - a. Hitung selisih beban masing-masing mesin dengan optimum beban per mesin

Tabel 3. Jadwal hasil MLPT

Mesin	1	2	3	4
Selisih	+3	-1	-1	-1



- b. Lakukan pertukaran pekerjaan dari suatu mesin ke mesin lain dengan aturan seperti disebutkan dalam algoritma. Berikut langkah pertukaran pekerjaan pada contoh kasus ini:

Tabel 4. Iterasi Pertukaran Pekerjaan Awal

Mesin	Jadwal	Waktu selesai	Selisih
M1	7 - 4 - 4	15	+3
M2	7 - 4	11	-1
M3	6 - 5	11	-1
M4	6 - 5	11	-1

Iterasi 1

Mesin	Jadwal	Waktu selesai	Selisih
M1	7 - 7	14	+2
M2	4 - 4 - 4	12	0
M3	6 - 5	11	-1
M4	6 - 5	11	-1

Iterasi 2

Mesin	Jadwal	Waktu selesai	Selisih
M1	6 - 7	13	+1
M2	4 - 4 - 4	12	0
M3	7 - 5	12	0
M4	6 - 5	11	-1

Iterasi 3

Mesin	Jadwal	Waktu selesai	Selisih
M1	6 - 6	12	0
M2	4 - 4 - 4	12	0
M3	7 - 5	12	0
M4	7 - 5	12	0

4. Hitung *makespan* dari jadwal yang dihasilkan.

Tabel 5. Jadwal hasil usulan

Mesin	Jadwal	Waktu selesai	<i>Makespan</i>
M1	6 - 6	12	12
M2	4 - 4 - 4	12	
M3	7 - 5	12	
M4	7 - 5	12	

3.6 Hasil

Seperti yang disebutkan dalam Metodologi, akan dilakukan pengujian algoritma dengan menerapkannya ke beberapa kasus. Setelah itu *makespan* yang dihasilkan dibandingkan dengan *makespan* hasil algoritma MLPT dengan menggunakan Anova. Jadwal dan *makespan* yang dihasilkan secara rinci dapat dilihat di lampiran.

Untuk membuktikan secara kuantitatif apakah terdapat perbedaan *makespan* yang dihasilkan oleh metode MLPT dan usulan, dilakukan analisis variansi atau Anova dengan faktor metode dan ukuran masalah yaitu jumlah mesin dan jumlah job. Analisis variansi adalah analisis statistik yang digunakan untuk mengetahui apakah nilai variabel dependen dipengaruhi oleh faktor atau gabungan beberapa faktor variabel independen. Untuk kasus ini, variabel dependen adalah *makespan* dan faktornya adalah metode atau algoritma yang digunakan, jumlah pekerjaan dan jumlah mesin. Berikut hasil Anova dengan menggunakan bantuan SPSS.



Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: makespan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	14367.789 ^a	44	326.541	6.927	.000
Intercept	101945.834	1	101945.834	2.163E3	.000
N	6623.215	4	1655.804	35.125	.000
M	4747.592	2	2373.796	50.356	.000
metode	288.662	2	144.331	3.062	.057
n * m	1320.061	8	165.008	3.500	.003
n * metode	78.669	8	9.834	.209	.988
m * metode	4.144	4	1.036	.022	.999
n * m * metode	27.183	16	1.699	.036	1.000
Error	2121.333	45	47.141		
Total	131479.000	90			
Corrected Total	16489.122	89			

a. R Squared = .871 (Adjusted R Squared = .746)

Gambar 1. Hasil Anova pengujian perbedaan makespan MLPT dan usulan

Dari Anova didapat bahwa nilai makespan dipengaruhi oleh metode, interaksi metode dan jumlah mesin (m), interaksi metode dan jumlah job (n) serta interaksi metode, m dan n . Sehingga dapat disimpulkan metode atau algoritma yang digunakan sangat mempengaruhi makespan yang dihasilkan. Apabila dibandingkan terhadap algoritma MLPT, algoritma usulan dapat memperbaiki makespan sebanyak 1.195%.

4. Kesimpulan dan Saran

Algoritma usulan telah dapat memperbaiki algoritma yang ada dan dapat diterapkan di masalah nyata. Namun perlu dibuktikan secara matematik bahwa algoritma usulan akan selalu menghasilkan *makespan* yang sama dengan atau lebih kecil dari algoritma MLPT. Perbandingan juga dapat dilakukan dengan mencari lagi algoritma lain, sehingga efisiensi algoritma lebih teruji, seperti algoritma yang berdasarkan *polyhedral combinatorics* (Mokotoff, 1999), *genetic algorithm* (Chaudry et. al., 2010), *list scheduling family*, *multifit* dan *different job and machine sets* (Kuruvilla, 2015), dan lain-lain.



Daftar Pustaka

- Alharkan, Ibrahim M., 2002, *Algorithms for Sequencing and Schedulling*, Department Of Industrial Engineering King Saud University, Riyadh.
- Baker, K. R., 1974, *Introduction to Sequencing and Schedulling*, John Wiley and Sons, New York.
- Chaudry, Imran A., Mahmood, S., Ahmad, R., 2010, Minimizing Makespan for Machine Schedulling and Worker Assignment Problem in Identical Parallel Machine Models Using GA, *Proceedings of the World Congress on Engineering*, Vol. III.
- Gunoto, Aji Pradah dan Arifati, Rifa, 2013, *Skripsi: Penjadwalan n Job m Mesin Paralel dalam Proses Produksi Pembuatan Part Relay dan Switch di PT. X*, Program Studi Teknik Industri UPN Veteran Jakarta.
- Gupta, J. N. D., Ruiz-Torres, J., 2001, A Listfit Heuristic for Minimizing Makespan on Identical Parallel Machines, *Production Planning & Control*, Vol. 12, No. 1, pp 28-36.
- Halim, Abdul Hakim, 2005, *Course Note Teori Penjadwalan*, Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Bandung.
- Kuruvilla, A. dan Paletta, G, 2015, A New Algorithm for Minimizing Makespan on Identical Parallel Machines, *International Journal of Operations Research and Information System*, Vol. 6 Issue 1 pp 19-29.
- Ma'ruf, A., Yulianti, A., Budiadnja, L. A., 2012, Algorithm for Single Stage Parallel Machines Scheduling Considering Variable Processing Time, *Proceedings of the Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2012*.
- Mokotoff, E., 1999, Schedulling to Minimize the Makespan on Identical Parallel Machines: An LP Based Algorithm, *Investigacion Operativa*, Vol. 8.
- Morton, T. E. dan Pentico, D. W., 1993, *Heuristic Schedulling Systems*, John Wiley and Sons, New York.
- Sivasankaran, P., Sornakumar, T., Panneerselvam, R., 2010, Efficient Heuristic to Minimize Makespan in Single Machine Scheduling Problem with Unrelated Parallel Machines, *Intelligent Information Management*, Vol. 2, pp 188-198.



Optimasi Penjadwalan Ruang Operasi dan *Recovery Bed* dengan Metode Algoritma Genetika

Rizki Ananda, Linda Wahyuni Santoso, Nur Aini Masruroh

Program Studi S2 Teknik Industri
Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telp. +62-274-513665
E-mail: rizki05.ananda@gmail.com

Intisari

Salah satu fungsi paling penting pada rumah sakit yang telah banyak menjadi perhatian para peneliti adalah Ruang Operasi, karena biaya operasionalnya merupakan salah satu pengeluaran terbesar bagi rumah sakit. Untuk itu diperlukan pengelolaan yang baik pada manajemen ruang operasi, salah satunya dengan mengoptimalkan penjadwalan ruang operasi. Penelitian ini mengembangkan model penjadwalan ruang operasi untuk meminimumkan waiting time pasien dan overtime perawat dengan mempertimbangkan recovery bed, dimana waiting time merupakan selisih antara booking time dengan waktu mulai operasi, dan overtime merupakan selisih waktu shift berakhir dengan waktu operasi aktual berakhir. Objek penelitian ini adalah Instalasi Bedah Sentral (IBS) RSUP Sardjito. Model matematika yang telah terbentuk selanjutnya diselesaikan dengan metode Algoritma Genetika dan untuk meningkatkan efisiensinya, dibentuk cluster berdasarkan durasi operasi terlebih dahulu dengan metode K- Means untuk menentukan prioritas jenis operasi. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata waiting time mengalami penurunan sebesar 55.40% dan rata-rata overtime perawat menurun sebesar 33.21%.

Kata kunci: penjadwalan, k-means, algoritma genetika, recovery bed

1. Pendahuluan

Salah satu fungsi paling penting di rumah sakit yang telah banyak menjadi perhatian para peneliti adalah ruang operasi. Pada proses operasi, biaya merupakan salah satu pengeluaran terbesar bagi rumah sakit, sekitar sepertiga dari total biaya (Macario et al., 1995). Walaupun demikian, Instalasi Bedah juga menyumbang sekitar dua pertiga dari pendapatan rumah sakit (Jacson, 2002). Operasi merupakan bagian penting bagi rumah sakit tidak hanya karena biaya yang tinggi tapi juga berdampak langsung pada kesehatan pasien dan persepsi kualitas rumah sakit juga terlihat dari kegiatan operasi.

Objek penelitian ini adalah Instalasi Bedah Sentral (IBS) RSUP Sardjito. Dari data operasi terlihat bahwa masih sering terjadi pelaksanaan operasi yang tidak tepat sesuai jadwal, sehingga pasien harus menunggu lama untuk tindakan operasi. Keterlambatan operasi dapat mengganggu jadwal operasi selanjutnya. Tingginya waktu tunggu akan menyebabkan ketidakpuasan pasien terhadap pelayanan di rumah sakit dan tentunya juga mempengaruhi kondisi kesehatan pasien. Selain menyebabkan tingginya waktu tunggu, permintaan tindakan pembedahan yang tinggi juga akan menyebabkan *overtime* pada staf klinis. Hal ini dapat menyebabkan performansi mereka dalam melakukan pekerjaan menurun akibat kelelahan dan dapat membahayakan keselamatan pasien. Untuk itu diperlukan pengelolaan yang baik pada manajemen ruang operasi di RSUP Sardjito, salah satunya dengan mengoptimalkan penjadwalan ruang operasi dengan menggunakan metode Algoritma Genetika. Penjadwalan ini mempertimbangkan *recovery bed* atau PACU (*Post anasthesy Care Unit*), yaitu ruang sementara pasien pasca bedah untuk memonitor pasien hingga pulih. PACU merupakan bagian penting dalam aliran pembedahan dan



fasilitas kesehatan yang secara signifikan mempengaruhi penjadwalan ruang bedah, misalnya jadwal operasi dapat tertunda karena tidak adanya *bed* pada PACU, sehingga diperlukan mempertimbangkan ketersediaan *bed* di unit PACU untuk penjadwalan ruang bedah.

Pada penelitian ini dikembangkan model penjadwalan ruang operasi untuk meminimumkan *waiting time* pasien dan *overtime* perawat, dimana *waiting time* merupakan selisih antara booking time dengan waktu mulai operasi, dan *overtime* merupakan selisih waktu shift berakhir dengan waktu operasi aktual berakhir.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan model penjadwalan ruang operasi dengan menggunakan *cluster* untuk menentukan prioritas jenis operasi. Selanjutnya menyelesaikan model tersebut untuk meminimalkan *waiting time* pasien yang disebabkan oleh adanya penundaan pelaksanaan operasi.

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi kepada rumah sakit mengenai perencanaan pembedahan terhadap pasien sehingga pembedahan dapat terjadwal dengan baik. Selain itu menambah literatur baru dalam penelitian yaitu kasus penjadwalan ruang bedah dengan menggunakan *cluster* sebagai penentu prioritas operasi dan pertimbangan PACU dalam penjadwalan ruang operasi.

Penelitian tentang penjadwalan ruang operasi telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, yaitu Xie et al (2009) melakukan penelitian tentang penjadwalan ruang bedah dengan tujuan untuk meminimasi *overtime cost* dan *patient related cost* dengan mempertimbangkan kedatangan pasien *emergency*. Digunakan metode *Mixed Integer Programming* yang dikombinasikan dengan simulasi *Monte Carlo* untuk menyelesaikan masalah ini. Essen et al (2012) meneliti tentang penjadwalan bedah dengan tujuan untuk dapat melakukan tindakan pembedahan pasien *emergency* sesegera mungkin dan meminimasi *waiting time* untuk pasien *emergency* yang tidak tentu kedatangannya dengan menggunakan *job shop scheduling* dan algoritma *Fixed Goal Value* untuk menyelesaikan permasalahan ini. Saadouli (2015) melakukan penelitian tentang penjadwalan ruang bedah dengan tujuan minimasi makespan dengan metode *Mix Integer Programming*, dan *Discrete Event Simulation* untuk mengevaluasi kinerja model yang diusulkan. Xiang et al (2015) meneliti penjadwalan ruang bedah dengan metode *ant colony optimization* (ACO) dengan pendekatan pada *flexible job shop scheduling problem* (FJSSP) karena melihat adanya kesamaan pada penjadwalan ruang operasi dan penjadwalan mutli-sumberdaya pada manufaktur untuk memecahkan masalah komputasi. Maulana (2014) mengembangkan penjadwalan ruang operasi dengan tipe *block scheduling*. Dessiswatami (2015) melakukan penelitian tentang penjadwalan ruang operasi di RS Bathesda dengan fungsi tujuan minimasi *waiting time* dan *overtime* perawat, lalu mengembangkan model jenis open scheduling pada penjadwalan operasi dengan *two-stage no-wait hybrid flowshop problem*. Sinawan (2015) dan Monindra (2015) melakukan penelitian tentang penjadwalan ruang operasi dengan menggunakan algoritma genetika dengan *waiting time* dan *overtime* sebagai fungsi tujuan. Kuo (2013) melakukan penelitian tentang penjadwalan pembedahan di Rumah sakit Amerika untuk mengalokasikan sumber daya waktu ruang operasi dan mengoptimalkan pendapatan. Pada penelitian tersebut digunakan teknik pemograman linear untuk mengoptimalkan alokasi waktu ruang operasi. Augusto (2010) melakukan penelitian tentang penjadwalan di ruang operasi dan ruang pemulihan. Metode yang digunakan adalah relaksasi lagrangian. Efisiensi metode ini kemudian di validasi oleh *numerical experiment*. Yousefi (2015) melakukan penelitian tentang penjadwalan ruang operasi dengan mempertimbangkan pasien emergensi. Pada level pertama, dijadwalkan ruang operasi untuk pasien elektif, pada level kedua dengan mempertimbangkan operasi darurat, dan pada level ketiga diperkenalkan faktor koefisien untuk ahli bedah. Setelah itu dibangun model matematika stokastik dengan menggunakan *software Lingo*.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di RSUP Sardjito. Yang menjadi fokus pada penelitian ini adalah pada penjadwalan ruang bedah. Sumber data yang digunakan adalah data sekunder untuk



mendapatkan keterangan dan informasi untuk keperluan penelitian. *Software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah MS Excel 2013, SPSS, dan Matlab R2009a. Performansi yang diukur berdasarkan nilai *waiting time* pasien dan *overtime* perawat.

Ada beberapa tahapan pada penelitian ini. Pertama adalah melakukan pengembangan model matematis dan mendefinisikan fungsi tujuan serta batasa-batasan formulasi yang ada. Kedua adalah melakukan analisis *clustering* untuk melakukan prioritas pada jenis operasi. Ketiga adalah melakukan penjadwalan dengan menggunakan Algoritma Genetika. Sebelumnya telah dicoba menyelesaikan permasalahan dengan pendekatan eksak, tapi perhitungan tidak memungkinkan untuk dilanjutkan sehingga digunakan pendekatan Algoritma Genetika.

Beberapa batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

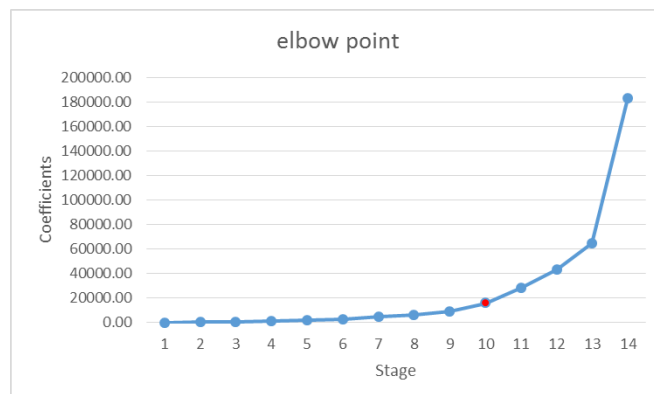
1. Untuk pasien *emergency* mempunyai ruang khusus untuk pembedahan dan tidak mungkin mengganggu penjadwalan pasien elektif.
2. Pasien yang menjadi fokus penelitian adalah pasien elektif
3. Sumber daya yang dibutuhkan untuk melaksanakan pembedahan selalu dalam keadaan siap.
4. Proses bedah yang sedang berlangsung tidak dapat dihentikan.
5. Tidak memperhitungkan terjadinya penundaan atau perubahan jadwal akibat hal-hal yang non-teknis.
6. Tidak mempertimbangkan keahlian tim dokter dan perawat.
7. Operasi tidak dapat dimulai lebih awal dari waktu yang telah ditentukan
8. Durasi operasi dihitung dari pasien masuk ke ruang operasi hingga keluar ruang operasi

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Analisis *Clustering*

Terdapat 15 jenis operasi pada RSUP Sardjito. Pada sistem aktual, penjadwalan yang digunakan adalah *first come first serve* (FCFS). Pada penelitian ini, sebelum melakukan penjadwalan, terlebih dahulu dilakukan analisis *clustering* untuk mengelompokkan jenis-jenis operasi. Pengelompokan jenis operasi ini kemudian akan digunakan untuk menentukan prioritas jenis operasi, dimana jenis operasi dengan waktu yang lebih kecil akan didahulukan.

Clustering dilakukan berdasarkan rata-rata dan standar deviasi dari data durasi operasi (Santoso, 2016). Analisis *clustering* yang dilakukan dengan menggunakan metode *K Means* dan menggunakan *software* SPSS. Untuk menentukan *K* optimal pada *K- Means* adalah dengan melihat '*sudden jump*' dari perubahan koefisien yang ada dalam tabel *agglomeration schedule* (Hair dan Black, 2010). Koefisien tersebut terlebih dahulu dilihat dalam bentuk grafik agar terlihat '*elbow point*', sehingga dapat ditentukan *K* pada *K means*. Dari tabel 2.1 terlihat bahwa *elbow point* terdapat pada *stage* 10, sehingga *cluster* yang terbentuk adalah *stage* 14 dikurangi *stage* 10 menjadi 4 *cluster*. Setelah itu melakukan *clustering* dengan K-Means dengan memasukkan *K* optimal yang telah didapatkan.



Gambar 1. Grafik *Elbow point*



Hasil *cluster* yang terbentuk adalah sebagai berikut

Tabel 1. Hasil *Cluster*

<i>Cluster</i>	Jenis Operasi
1	penyakit dalam
2	mata, mulut, tumor, urologi, vaskuler
3	anak, digesti, obsgyn, ortho, plasty, syaraf, thorax, THT
4	jantung

3.2 Model matematis

Pada penelitian ini dikembangkan model matematis untuk membuat penjadwalan ruang operasi dengan mempertimbangkan faktor ketidakpastian yaitu pemulihan pasien pada unit PACU. Model matematis dalam penelitian ini sudah sesuai dengan sistem nyata RSUP Sardjito. Dalam penelitian ini fungsi tujuan yang ingin dicapai adalah minimasi *waiting time* pasien (WT_o) dan *overtime* perawat. (OT_p) seperti yang ditunjukkan pada persamaan 1. untuk menghitung *waiting time* pasien ditunjukkan pada persamaan 2 dan untuk menghitung *overtime* perawat pada persamaan 3. Dalam model juga digunakan variabel biner, yaitu:

X_{ort} = variabel biner, 1 jika operasi o dilaksanakan dalam ruang operasi r dan dimulai pada *time slot* t , dan bernilai 0 jika tidak.

Y_{op} = variabel biner, 1 jika operasi o ditangani oleh tim perawat p , dan bernilai 0 jika tidak.

$$\text{Min} \sum_{o=1}^O WT_o + \sum_{p=1}^P OT_p \quad (1)$$

$$\sum_{o=1}^O WT_o = \sum_{o=1}^O \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T (ST_o - N_o) X_{ort} \quad (2)$$

$$\sum_{p=1}^P OT_p = \sum_{p=1}^P \sum_{o=1}^O (ET_o - FT_p) Y_{op} \quad (3)$$

Berikut merupakan batasan yang digunakan dalam penelitian ini (Haset et al, 2010), yang telah disesuaikan dengan lingkungan di RS Sardjito (Santoso, 2016)

$$ET_o = \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T (ST_o + d_o) X_{ort} \quad \forall o \in \Omega \quad (4)$$

$$\sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T X_{ort} = 1 \quad \forall o \in \Omega \quad (5)$$

$$\sum_{o=1}^O \sum_{\tau=t} X_{ort} \leq 1 \quad \forall r \in \{1 \dots R\} \quad (6)$$

$t \in \{1 \dots T\}$



$$\sum_{r=1}^R \sum_{o \in \Omega_q} \sum_{\tau=t}^{t+d_o} X_{ort} \leq 1 \quad \forall t \in \{1 \dots T\} \quad (7)$$

$$q \in \{1 \dots Q\}$$

$$\sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T \sum_{o \in \Omega} tX_{ort} \geq 0 \quad \forall o \in \Omega \quad (8)$$

$$\sum_{p=1}^P Y_{op} = 1 \quad \forall o \in \Omega \quad (9)$$

$$\sum_{r=1}^R \sum_{o=1}^O \sum_{\tau=t}^{t+d_o} Y_{op} X_{ort} \leq 1 \quad \forall t \in \{1 \dots T\} \quad (10)$$

$$p \in \{1 \dots P\}$$

$$\sum_{n=1}^N \sum_{\tau=t}^{t+d_{j_n}} Z_{njt} \leq 1 \quad \forall v \in \{1, \dots, J\}, t \in \{1, \dots, T\} \quad (11)$$

$$ET_{n'} = \begin{cases} ST_{n'} + d_{j_n} & , \text{if } F(j, t) \leq 0 \\ ET_n & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

Notasi yang digunakan dalam perumusan penjadwalan ruang operasi di RS Sardjito adalah sebagai berikut:

Ω = set of operations

O = number of operations, $O = |\Omega|$

o = an operation, $o \in \{1, \dots, O\}$

Γ = set of operating rooms

R = number of operating rooms, $R = |\Gamma|$

r = an operating room, $r \in \{1, \dots, R\}$

τ = set of time slots

T = number of time slots, $T = |\tau|$

t = a time slot, $t \in \{1, \dots, T\}$

ρ = set of teams

P = number of teams, $P = |\rho|$

Ω_q = set of operations allocated to doctor q

Q = number of doctors

q = a doctor, $q \in \{1, \dots, Q\}$

β = set of operation type

B = number of operation type $B = |\beta|$

b = an operation type, $b \in \{1, \dots, B\}$

do = duration of operation o

No = booking time of operation o

FT_p = finish time of team p

WTo = waiting time patient of operation o

OT_p = overtime of nurse team p

STo = start time of operation o

$SAT o$ = start time aktual of operation o

ETo = end time of operation o



EAT_o = end time aktual of operation o

ET_n = end time of surgical case n

$ST_{n'}$ = recovery start time of surgical case n

$ET_{n'}$ = end time of operating room r usage

Dv_n = recovery duration of surgical case n

j = a recovery bed, $j \in \{1, \dots, J\}$

F = available recovery bed in time slot

t = time slot

Z_{njt} = binary variabel, 1 if an operation n used recovery room v at time slot t , 0 otherwise.

Batasan 4 merupakan perhitungan waktu selesai masing-masing operasi. Batasan 5 menyatakan bahwa setiap operasi hanya dijadwalkan satu kali. Batasan 6 membatasi bahwa dalam satu waktu dalam satu ruangan hanya terdapat maksimal satu operasi. Batasan 7 membatasi bahwa seorang dokter hanya dapat melakukan maksimal satu operasi dalam satu waktu. Batasan 8 menyatakan bahwa waktu mulai operasi harus lebih dari atau sama dengan slot ke-0 atau pukul 07.00 WIB. Batasan 9 membatasi bahwa setiap operasi hanya dapat ditangani oleh satu tim perawat. Batasan 10 membatasi bahwa setiap tim perawat hanya dapat menangani maksimal satu operasi dalam satu waktu. Batasan 11 setiap *recovery bed* di ruang pemulihan hanya dapat ditempati oleh satu pasien dalam rentang *time slot* tertentu. Batasan 12 menyatakan bahwa pasien akan menjalani proses pemulihan di ruang operasi apabila ruang pemulihan penuh.

3.3 Penjadwalan dengan Algoritma Genetika

Untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan pada RSUP Sardjito, dibangun model untuk mencari solusi terbaik penjadwalan dengan menggunakan algoritma genetika. Digunakan *software* Matlab R2009a untuk melakukan proses pemodelan. Input yang digunakan adalah data aktual.

Langkah pertama adalah pencari booking time dengan berdasarkan *clustering*. Jenis operasi pada *clustering* yang memiliki rata-rata dan standar deviasi yang lebih rendah didahulukan. Data yang digunakan untuk input pencarian booking time adalah durasi estimasi operasi, jenis operasi, dokter, tanggal, dan urutan *cluster*.

Setelah didapatkan hasil booking time, dilakukan penjadwalan dengan algoritma genetika. Input yang digunakan untuk penjadwalan adalah output booking time yang dihasilkan, durasi aktual, dokter, jenis operasi, dan tanggal. Input tersebut dimasukkan ke dalam database dan dikoneksikan dengan *software* Matlab.

Ada beberapa langkah untuk melakukan penjadwalan dengan algoritma genetika yang pertama adalah inisialisasi. Inisialisasi populasi dilakukan dengan skema pengkodean. Skema pengkodean yang digunakan adalah kode biner untuk membangun jadwal harian. inisialisasi populasi dibuat jadwal sesuai dengan batasan dokter, ruangan, dan tim perawat sebanyak ukuran populasi. Kromosom yang dibangun dalam model ini berasal dari variable waktu mulai operasi, ruangan, dan tim perawat. Masing-masing variable terdiri dari 8 bit, sehingga dalam satu kromosom terdiri dari 24 gen. lalu dilakukan penskalaan nilai *fitness* dengan linear *fitness ranking* untuk mencegah adanya konvergen pada optimum lokal. Selanjutnya melakukan seleksi orang tua dengan *roulette wheel*. Lalu dilanjutkan dengan pindah silang mutasi. Setelah mutasi, kode biner tersebut dikembalikan dalam bentuk string. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *waiting time* dan *overtime*. Kromosom terbaik akan disimpan, sehingga tidak hilang saat proses evolusi. Kromosom dengan nilai *fitness* terendah selama proses evolusi akan dikodekan sebagai jadwal.

Hasil *waiting time* pasien dan *overtime* perawat yang diperoleh dari penjadwalan aktual adalah 889.68 jam dan 101.5 jam. Sedangkan dengan algoritma genetika dengan *clustering* adalah 396.83 jam dan 67.80 jam.

Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa penjadwalan dengan menggunakan algoritma genetika dapat menurunkan *waiting time* pasien sebesar 55.40% dan *overtime* sebesar 33.21%.



Artinya penjadwalan dengan algoritma genetika dan *clustering* dengan mempertimbangkan PACU lebih baik dibandingkan dengan penjadwalan aktual. Hal itu bisa terjadi karena karena pada penjadwalan aktual tidak ada proses optimasi ruangan, dan juga tidak mempertimbangkan pemulihan pasien di unit PACU yang waktunya tidak bisa dipastikan.

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini membuktikan bahwa penjadwalan ruang operasi dengan mempertimbangkan PACU menggunakan algoritma genetika dan *clustering* dapat menurunkan *waiting time* pasien dan *overtime* perawat, yang secara tidak langsung akan mengurangi biaya operasional sehingga meningkatkan efisiensi ruang operasi. Pada penelitian ini belum mempertimbangkan dinamika pembatalan dan perubahan jadwal. Penjadwalan ini juga belum bisa digunakan oleh orang awam karena rumit dalam pengoperasiannya, sehingga diharapkan pada penelitian selanjutnya mendapatkan penjadwalan yang lebih sesuai dengan sistem nyata, dan dikembangkan GUI (Graphical User Interface) untuk memudahkan pihak manajemen rumah sakit untuk mengoperasikan penjadwalan tersebut.

Daftar Pustaka

- Augusto V., Xie X., Perdomo V., 2010, Operating theatre scheduling with patient recovery in both operating rooms and recovery beds, *Computers & Industrial Engineering* 58, pp. 231-238.
- Chrisetiade A.N.A., 2015, *Tugas Akhir: Analisis Clustering Untuk Menentukan Prioritas Penjadwalan Ruang Operasi Di Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Sardjito Yogyakarta*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Dessiswatami W., 2015, *Tugas Akhir: Pengembangan Model Open Scheduling Dengan Mempertimbangkan Ruang Pemulihan Pada Penjadwalan Operasi*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Essen J.T., Hansa E.W., Hurink J.L. dkk, 2012, Minimizing the *waiting time* for emergency surgery, *Operations Research for Health Care* 1, pp. 34–44
- Etzioni D.A., Liu J.H., 2003, Maggard M.A., Ko C.Y., The Aging Population And Its Impact On The Surgery Workforce. *Annals of Surgery*, Vol.2, No. 238, pp. 170–177
- Fei H., Meskens N, Chu C., 2009, A planning and scheduling problem for an operating theatre using an open scheduling strategy, *Computers and Industrial Engineering*, pp. 221-230
- Framinan J.M., Dios M., Molina-Pariente J.M., Fernandez-Viagas V dkk., 2015, A Decision Support System for Operating Room scheduling, *Computers & Industrial Engineering* 88, pp. 430-443
- Hair, Joseph., Black, William C, 2010, *Multivariate Data Analysis*, Pearson
- Kuo P.C., Schroeder R.A., Mahaffey S. dkk, 2003, Optimization of Operating Room Allocation Using Linear Programming Techniques, *the American College of Surgeons*, Vol 197, No.6, pp. 889-895
- Kurniawati, I., 2013, *Tugas Akhir: Pengembangan Model Matematika untuk Penjadwalan Ruang Operasi*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Lamiri M., Grimaud F., Xie X., 2009, Optimization methods for a stochastic surgery planning problem, *Int. J. Production Economics* 120, pp. 400–410
- Li X., Beullens P., Jones D. dkk, 2009, Optimal Bed Allocation in Hospitals, *Economics and Mathematical Systems* 618, pp. 253-265
- Macario A., 2006, Are Your Hospital Operating Rooms “Efficient”? A Scoring System with Eight Performance Indicators, 2006, *anesthesiology*, Vol.2, No.105, pp.237-40
- Maulana, R. E., 2014, *Tugas Akhir : Penjadwalan Terintegrasi Ruang Operasi Rumah Sakit dengan Menggunakan Block scheduling*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.



- Monindra, F. A., 2015, *Tugas Akhir: Pengembangan Model Matematika untuk Penjadwalan Ruang Operasi dengan Analisis Clustering*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Saadouli H., Jerbi B, Dammaka A., Masmoudi L. dkk, 2015, A stochastic optimization and simulation approach for scheduling operating rooms and recovery beds in an orthopedic surgery department, *Computers & Industrial Engineering* 80, pp. 72–79
- Santoso, L.W., Sinawan A. A., Wijaya, A. R., Sudiarso, A., Masruroh N. A., Herliansyah, M. K., 2016, Operating Room Scheduling Using Hybrid *Clustering* Priority Rule and Genetic Algorithm
- Sciomachen A., Tanfani E., Testi A., Simulation Models For Optimal Schedules Of Operating Theatres, *I.J. of Simulation*, Vol.6, No.12-13, pp. 26-34
- Sinawan A.A., 2015, *Tugas Akhir: Penjadwalan Ruang Operasi Dengan Mempertimbangkan Prioritas Pasien Berdasarkan Analisis Clustering Dengan Menggunakan Algoritma Genetika*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Xiang W., Yin J, Lim G., 2015, An ant colony optimization approach for solving an operating room surgery scheduling problem, *Computers & Industrial Engineering* 85, pp. 335-346



Pemodelan Simulasi Antrian Poliklinik Jantung RSUP Dr. Sardjito

Sinta Rahmawidya Sulisty, Afiqoh Akmalia Fahmi, Destiana Ayu Prasetyani

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Yogyakarta 55281

E-mail: sinta.sulisty@ugm.ac.id

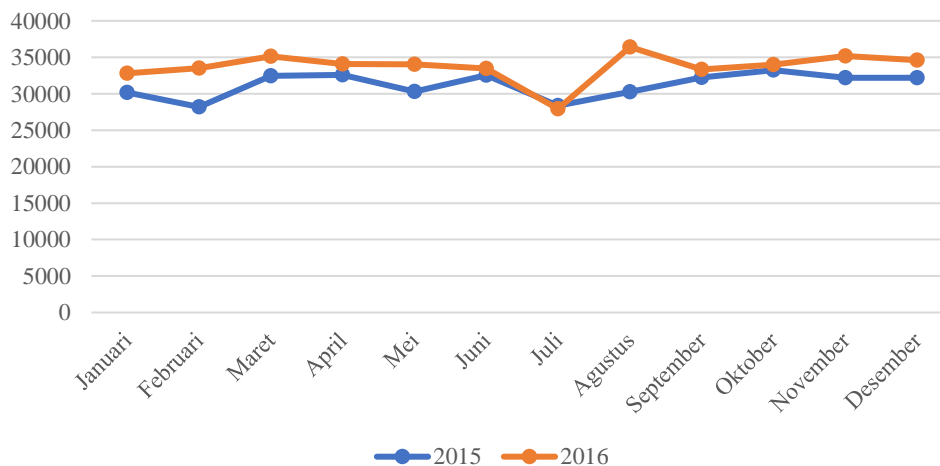
Intisari

Simulasi banyak digunakan untuk memodelkan sebuah sistem yang sudah berjalan yang kemudian diusahakan untuk diperbaiki atau ditingkatkan utilitasnya. Salah satu permasalahan yang sering diselesaikan menggunakan pendekatan simulasi adalah sistem antrian. Penelitian ini menggunakan objek antrian pasien yang ada di Poliklinik Jantung RSUP Dr. Sardjito sebagai studi kasus. Dalam kondisi aktual, waktu tunggu pasien rata-rata mencapai 1 jam terutama untuk antrian pasien yang akan melakukan pemeriksaan dengan dokter spesialis. Hasil simulasi memberikan hasil yang berbeda dengan kondisi aktual. Perbedaan kondisi ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya keterbatasan data dan beberapa managerial problem seperti kedatangan dokter dan jam pelayanan yang tidak tepat waktu.

Kata kunci: antrian, poli jantung, simulasi

1. Pendahuluan

Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) Dr. Sardjito adalah sebuah rumah sakit Pemerintah yang berada di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sebagai rumah sakit yang menjadi rumah sakit rujukan tertinggi untuk daerah DIY dan Jawa Tengah bagian selatan, RSUP Dr. Sardjito dituntut untuk mampu memberikan pelayanan yang terbaik kepada pasien, yaitu pelayanan efektif dan efisien. Berdasarkan laporan upaya fasilitas kesehatan dalam peningkatan akuntabilitas pelayanan kesehatan rujukan tingkat lanjutan oleh RSUP Dr. Sardjito, terjadi peningkatan jumlah layanan pasien rawat jalan seperti yang ditampilkan pada Gambar 1. Jumlah pasien yang banyak membuat rumah sakit perlu melakukan pengelolaan manajemen yang baik untuk meningkatkan kualitas pelayanan.

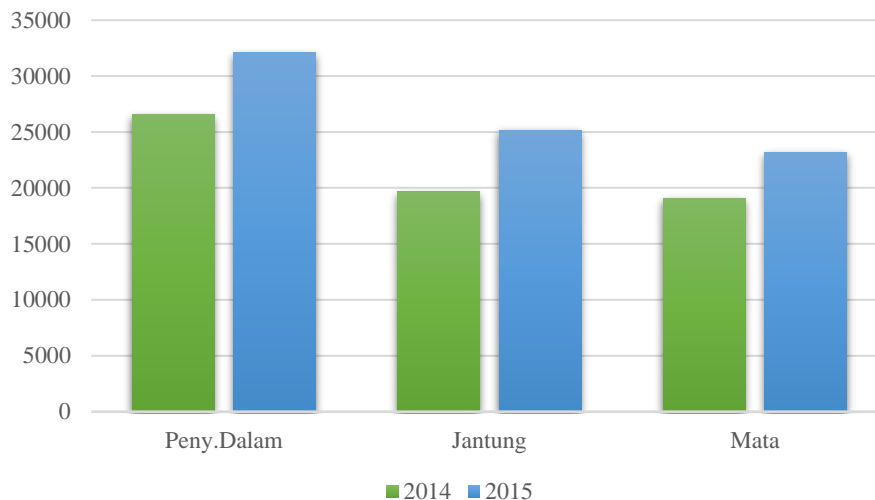


Gambar 1. Kinerja Pelayanan Rawat Jalan



Berdasarkan KepMenKes 129/MenKes/SK/II/2008, rumah sakit sebagai salah satu bentuk fasilitas pelayanan kesehatan harus memberikan pelayanan yang baik dan berkualitas. Untuk memberikan kualitas terbaik dari pelayanan medis ke pasien, sistem pelayanan kesehatan harus mengimplementasikan perbaikan jangka panjang yang meliputi kualitas dengan tujuan keamanan, efektif, patient centered, waktu, efisien, dan layak (Duffy, 2011). Terdapat berbagai indikator yang digunakan untuk mengevaluasi mutu pelayanan kepada pasien. Indikator utama untuk klinik layanan rawat jalan adalah waktu tunggu pasien (Helbig, dkk., 2009).

Berbagai fasilitas yang ada di RSUP Dr.Sardjito diantaranya instalasi rawat jalan, rawat inap, dan instalasi gawat darurat. Untuk instalasi rawat jalan, terdiri dari beberapa poli, dimana poli yang memiliki jumlah pasien rawat jalan paling banyak yaitu Poli Penyakit Dalam, Poli Jantung, dan Poli Mata yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rekapitulasi Pasien Instalasi Rawat Jalan

Sumber: Laporan Kegiatan Instalasi Rawat Jalan RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta Tahun 2014 dan Tahun 2015, diolah.

RSUP Dr. Sardjito yang memiliki layanan unggulan program pelayanan jantung terpadu dan paripurna di Poliklinik Jantung yang meliputi program pencegahan, pemeriksaan dini, perawatan/pengobatan, dan perawatan rehabilitatif memiliki pasien rawat jalan hingga mencapai 160 orang dalam sehari. Banyaknya pasien menyebabkan waktu tunggu pasien rata-rata lebih dari satu jam dengan utilitas dokter dan perawat yang relatif rendah. Waktu tunggu pasien rata-rata lebih dari satu jam dikarenakan pasien datang dari awal untuk melakukan pendaftaran dan menunggu hingga akhirnya diperiksa. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pelayanan Poliklinik Jantung masih dapat ditingkatkan.

Penelitian ini dilakukan pada Poliklinik Jantung yang memiliki jumlah pasien terbanyak kedua setelah Poliklinik Penyakit di Instalasi Rawat Jalan. Antrean yang terjadi di Poliklinik Jantung menimbulkan masalah terhadap kepuasan pelayanan terhadap pasien. Penelitian ini menggunakan pendekatan model simulasi untuk memodelkan sistem yang ada di Poliklinik Jantung. Model simulasi dipilih karena model simulasi dapat digunakan untuk meminimalkan *delay* dalam penjadwalan sekaligus untuk memaksimalkan utilisasi layanan dan efisiensi klinik secara keseluruhan (Guo, dkk., 2004). Penerapan simulasi komputer *discrete event simulation* di ranah kesehatan dirasakan sangat bermanfaat. Simulasi ini berfungsi sebagai *tool* dalam analisis dan dapat digunakan untuk perbaikan sistem karena mampu memberikan gambaran secara komprehensif terhadap kompleksitas dan ketidakpastian (Law dan Kelton, 1991).

2. Metodologi



Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan simulasi dengan *software* ARENA. Penelitian diawali dengan mengidentifikasi *workflow* entitas sistem, yaitu pasien, petugas administrasi, perawat EKG, perawat uji latih jantung, dokter spesialis, dan residen yang dilanjutkan dengan identifikasi interaksi antar ruang fasilitas.

Proses pemodelan diawali dengan tahapan pemahaman proses dan pengumpulan data. Selanjutnya, model generik yang disederhanakan (*simplified generic simulation*) mulai dikembangkan sebagai model dasar (*basic model*). Model ini mewakili seluruh komponen penting sistem secara umum. Model yang dihasilkan dari model generik, digunakan sebagai model dasar yang digunakan untuk membangun skenario perbaikan dari model tersebut. Skenario dibuat berdasarkan hasil dari keluaran simulasi awal.

Hasil dari penelitian diharapkan dapat diterapkan langsung oleh manajemen Instalasi Rawat Jalan Poli Jantung RSUP Dr. Sardjito sehingga dapat dilakukan evaluasi terhadap performansi sistem ke depannya. Evaluasi tersebut juga mampu memberikan gambaran apakah sistem sudah berjalan sesuai ekspektasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.4 Deskripsi Sistem

Penelitian ini dilakukan pada studi kasus antrean pasien di Instalasi Rawat Jalan Poli Jantung RSUP Dr. Sardjito Yogyakarta. Studi kasus tersebut digunakan untuk membangun model simulasi awal. Poli Jantung yang menjadi objek penelitian merupakan salah satu poli di Instalasi Rawat Jalan RSUP Dr. Sardjito yang memiliki jumlah pasien dengan antrean paling banyak diantara poli lainnya.

Pemeriksaan di Poli Jantung melalui beberapa *treatment* sesuai dengan keluhan dari setiap pasiennya. Pada saat pasien datang, pasien menyerahkan lembar administrasi ke petugas TU yang ada di ruang administrasi. Kemudian pasien dipanggil untuk dilakukan *anamnese* oleh perawat. *Anamnase* merupakan pemeriksaan awal yang dilakukan oleh perawat terhadap pasien, berupa cek tekanan darah dan dilakukan *anamnese* awal. Setelah dilakukan *anamnese*, pasien akan diarahkan perawat ke ruangan sesuai dengan keluhan, yaitu ruang periksa, ruang EKG, atau ruang Uji Latih Jantung. Ruang periksa terdiri dari ruang Dokter Spesialis dan ruang Residen. Pasien yang menuju ruang EKG maupun uji latih jantung kemudian melanjutkan *treatment* ke ruang pemeriksaan untuk dilakukan pemeriksaan oleh Residen atau Dokter Spesialis sesuai dengan keluhan.

Waktu kedatangan pasien mengikuti distribusi GAMM(1.34, 1.39) menit. Pada saat pasien menyerahkan lembar administrasi ke petugas administrasi diasumsikan membutuhkan waktu selama satu detik. Kemudian pasien dilakukan *anamnese* oleh perawat dengan waktu mengikuti distribusi TRIA(0.83, 1.69, 2.55) menit. Pasien yang melakukan EKG membutuhkan waktu mengikuti distribusi NORM(5.65, 1.33) menit, sedangkan pasien yang melakukan uji latih jantung membutuhkan waktu yang mengikuti distribusi BETA(2.02, 2.12) menit. Waktu yang diperlukan Dokter spesialis untuk memeriksa pasien di ruang periksa 1 mengikuti distribusi ERLA(1.58, 4) menit, di ruang periksa 2 mengikuti distribusi WEIB(6.06, 1.79) menit, dan di ruang 1 mengikuti distribusi LOGN(5.33, 3.14) menit. Sedangkan waktu pasien diperiksa oleh Residen di ruang 2 mengikuti distribusi WEIB(5.16, 2.37) menit, waktu pemeriksaan pasien oleh Residen di ruang 3 mengikuti distribusi NORM(6.55, 2.27) menit, waktu pemeriksaan pasien oleh Residen di ruang 4 mengikuti distribusi NORM(6.79, 2.34) menit, dan waktu pemeriksaan pasien oleh Residen di ruang 5 mengikuti distribusi NORM(7.48, 2.47) menit.

Jumlah *resource* yang ada di poli jantung, yaitu petugas administrasi 1 orang, perawat *anamnese* 1 orang, perawat EKG 1 orang, perawat uji latih jantung 1 orang, dokter spesialis 3 orang, dan residen 4 orang.

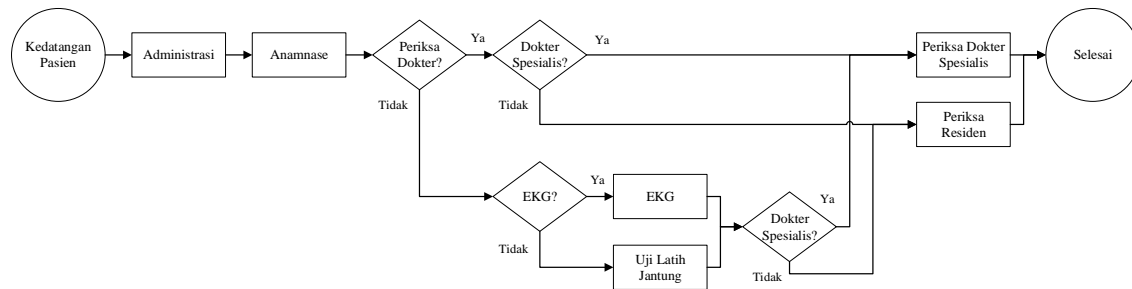
3.5 Process Flow



Fokus penelitian ini untuk memodelkan perpindahan pasien sebagai obyek utama sedangkan petugas administrasi, perawat EKG, perawat uji latih jantung, dokter spesialis, dan residen dalam model simulasi sebagai sumber daya (*resources*).

Terdapat 3 tipe pasien dalam Instalasi Rawat Jalan Poli Jantung RSUP Dr. Sardjito. Pertama, pasien yang memerlukan pemeriksaan dokter, baik spesialis maupun residen tanpa melalui *treatment* EKG maupun uji latih jantung. Kedua, pasien yang melakukan *treatment* EKG terlebih dahulu kemudian diperiksa oleh dokter. Ketiga, pasien yang melalui *treatment* uji latih jantung kemudian pemeriksaan oleh dokter.

Process flow yang memuat rangkaian aktivitas yang akan dijalani oleh pasien ditampilkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. *Patient Workflow*

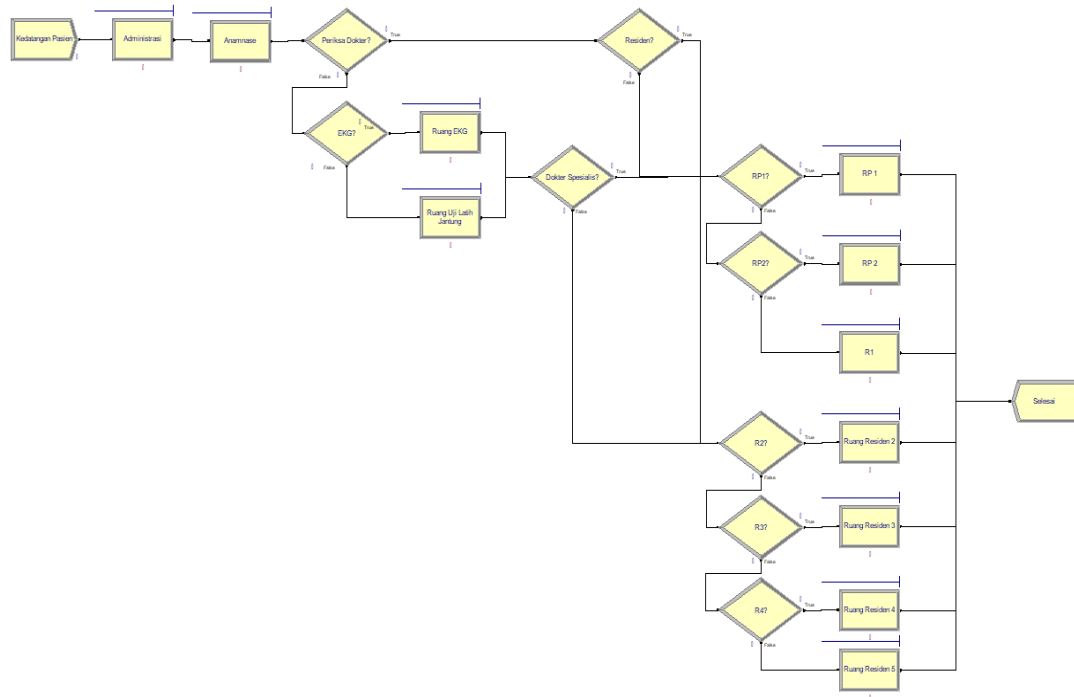
3.6 Karakteristik Sistem

Simulasi merupakan *tools* yang aplikasinya cukup populer digunakan di dunia kesehatan dan cukup efektif penggunaannya (Jacobson *et al.*, 1999). Sistem yang menjadi obyek penelitian yaitu antrian pasien di Instalasi Rawat Jalan Poli Jantung RSUP Dr.Sardjito Yogyakarta. Karakteristik dari sistem ini yaitu *stochastic*, *dynamic*, diskrit. *Stochastic* karena variabel yang dimiliki merupakan variabel random atau acak yang terdapat pada waktu anamnase, waktu EKG, waktu uji latih jantung, dan waktu pemeriksaan sehingga waktu-waktu tersebut digambarkan menggunakan distribusi tertentu. *Dynamic* karena terdapat perubahan waktu pada parameter sistem. Diskrit karena perubahan terjadi pada waktu-waktu tertentu. Dengan demikian sistem antrian pasien di Instalasi Rawat Jalan Poli Jantung RSUP Dr.Sardjito Yogyakarta ini termasuk dalam *discrete event simulation*.

Model simulasi dalam penelitian ini merepresentasikan perpindahan pasien di Poli Jantung. Evaluasi model dilakukan dengan melihat beberapa parameter *output* dari simulasi untuk kemudian dianalisis. Parameter *output* yang dipilih adalah waktu tunggu pasien untuk *anamnase*, EKG, uji latih jantung, maupun periksa dokter spesialis dan residen, utilitas petugas administrasi, perawat, ruang periksa dokter spesialis dan residen.

3.7 Model Simulasi

Model simulasi Arena untuk sistem layanan yang ada di poli jantung dapat dilihat pada Gambar 4. Simulasi dilakukan dengan replikasi 10 kali karena walaupun semua parameter masukan masih merupakan parameter deterministik namun tetap ada kondisi yang dimodelkan dengan *probability* seperti apakah kemungkinan pasien akan membutuhkan tindakan atau tidak. Selain itu tidak dilakukan *warm-up* karena fokus tidak pada kondisi *steady state*. Hasil simulasi model awal ditampilkan dalam Tabel 1.



Gambar 4. Model Sistem Arena

Tabel 1. Hasil Simulasi

Indikator	Rata-rata
Waktu tunggu pasien untuk <i>anamnese</i>	5,52 menit
Waktu tunggu pasien untuk EKG	5,34 menit
Waktu tunggu pasien untuk periksa Dokter Spesialis	2,88 menit
Waktu tunggu pasien untuk periksa Residen	2,40 menit
Utilitas Petugas Administrasi	0,01
Utilitas Perawat <i>Anamnase</i>	0,898
Utilitas Perawat EKG	0,619
Utilitas Perawat Uji Latih Jantung	0,009
Utilitas ruang periksa Dokter Spesialis (3 ruang)	0,438
Utilitas ruang periksa Residen (4 ruang)	0,441

Pada hasil simulasi diperoleh hasil pada waktu tunggu terbesar yaitu waktu tunggu pasien untuk *anamnese* yaitu 0,092 jam (5,52 menit) dan utilitas perawat *anamnese* sebesar 0,898. Sedangkan waktu tunggu pasien untuk EKG yaitu 0,089 jam (5,34 menit) dan utilitas perawat EKG sebesar 0,898. Waktu tunggu pasien untuk periksa dokter spesialis yaitu 0,048 jam (2,88 menit) dan utilitas dokter spesialis sebesar 0,438 dan waktu tunggu pasien untuk periksa residen yaitu 0,04 jam (2,40 menit) dan utilitas residen sebesar 0,441. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rata-rata total waktu tunggu yang dibutuhkan pasien untuk melakukan *treatment* di Poliklinik Jantung 16,14 menit sehingga dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa waktu tunggu pasien masih dapat diterima. Sementara, pada sistem aktualnya terjadi antrean pasien yang menunggu untuk dilakukan *treatment*, terutama antrean untuk periksa dokter. Hal ini terjadi dikarenakan beberapa faktor, diantaranya keterbatasan data untuk simulasi, pada sistem aktualnya kemungkinan terjadi *managerial problem* seperti kedatangan dokter dan jam pelayanan yang tidak tepat waktu, serta pendaftaran dan penjadwalan pasien dilakukan pada waktu bersamaan dengan *treatment*, tidak menggunakan *appointment scheduling* sehingga antrean di sistem aktual tidak bisa dihindarkan.

4. Kesimpulan dan Saran

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penerapan simulasi dapat menggambarkan sistem pelayanan yang ada di poli jantung Instalasi Rawat Jalan RSUP Dr. Sardjito. Dari hasil simulasi disimpulkan bahwa tidak ada antrean pasien di setiap *treatment*. Kondisi ini berbeda dengan kondisi aktualnya yang terjadi antrean pasien untuk melakukan *treatment*. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor diantaranya keterbatasan data yang digunakan untuk simulasi, *managerial problem* pada sistem aktual seperti ketidaktepatan waktu pelayanan, dan sistem pendaftaran pasien tidak menggunakan *appointment scheduling*.

Dalam penelitian berikutnya, diharapkan informasi terkait data-data yang dibutuhkan untuk simulasi agar lebih lengkap dan lebih detail.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Hibah Penelitian DTMI 2017 sebagai pemberi dana penelitian dengan SK No. 844/H1.17/TMI/LK/2017.

Daftar Pustaka

- Duffy, V. G., 2011, Improving efficiencies and patient safety in healthcare through human factors and ergonomics, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22(1), 57–64.
- Guo, M., M. Wagner, dan C. West, 2004, Outpatient clinic scheduling – a simulation approach, *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, ed. R.G. Ingalls, M. D. Rossetti, J. S. Smith, and B. A. Peters, pp. 1981-1987.
- Helbig, M., Helbig, S., Kahla-Witzsch, H.A. and May, A., 2009. Quality management: reduction of waiting time and efficiency enhancement in an ENT-university outpatients' department. *BMC health services research*, 9(1), p.21.
- Jacobson, S., Jun, J., dan Swisher, J., 1999, Application of Discrete-Event Simulation in Health Care Clinics: A Survey *Journal of the Operational Research Society*, pp. 109-123.
- Law, A. M. dan Kelton, W. D., 1991, *Simulation Modeling and Analysis*, Vol. 2, McGraw-Hill New York.



Modeling of Risk Propagation in Agri-Food Industry Supply Chain using Bayesian Networks

Syamsul Anwar, Taufik Djatna

Agroindustrial Technology Study Program, Graduate School, Bogor Agricultural University
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, West Java, Indonesia
Phone. 02518628448
Email: syamsul-a@kemenperin.go.id

Abstract

The agri-food supply chain currently requires more attention due to it related to critical issues such as food supply availability and food security. The agri-food supply chain is vulnerable to risks that affect its performance and sustainability. The risks propagate from upstream to downstream in the supply chain. This study aimed to identify risks and to develop a risk propagation model in agri-food industry supply chain. The first objective is achieved by reviewing the relevant literature. The second objective is achieved through development Bayesian Network (BN) model. The results of study shown main risks in agri-food supply chain include natural risk, supply risk, process risk, quality risk, transportation risk, price risk, and demand risk. The model indicates propagation of a risk to another risk through dependency links. The risk network shows how any changes in probability of node (risk) gradually affect another risk and contribute to an impact (loss). The model urgently be further developed through the real study in specific agri-food supply chain.

Keywords: Agri-food industry, bayesian network, risk propagation, supply chain.

1. Introduction

The agri-food supply chains (ASC) are formed by the organizations responsible for production (farmers), distribution, processing, and marketing of agricultural products to the final consumers (Ahumada 2008). There is global increasing concern about food supply and quality and the special characteristics this supply chain possesses mainly due to the perishability of its products and the high uncertainties in supply and demand (Galal and El-Kilany 2016). Agricultural supply chain management engulfs set of value activities resulting in transforming agricultural commodities from their raw stage to consumption phase. These activities may embrace acquisition or procurement of agricultural raw materials, production course of agricultural commodities and the process of marketing, storing and dispensation of agricultural commodities (Ganeshkumar et al.2017). There are some characteristics that differentiate the ASC from other supply chains, among others are food quality and safety, and weather-related variability, shelf life, their demand and price variability (Salin 1998; Ahumada 2009). As a perishable product, agri-food product has a higher chance for damage risk from the farmer to the consumer (Guan, 2011; Septiani, 2016a).

Risks handling in the supply chain have gained much attention both from researchers and supply chain practitioners. Ho et al. (2015) defined supply chain risk as the likelihood and impact of unexpected macro and/or micro level events or conditions that adversely influence any part of a supply chain leading to operational, tactical, or strategic level failures or irregularities. Lavastre et al. (2012) defined supply chain risk management (SCRM) as a combination of three elements; attitude toward risk, tools used in risk management (to identify, understand and estimate risks) and techniques to minimize risk in the supply chain. Several kinds of literature have made risk classifications (typologies). Among others are, Tang (2006) divided risks of supply chain into operational and disruption risk. Wu (2006) divided risks into internal and external. Diabat et al. (2012) categorized risks in supply chain into macro-level risks, demand management risks, supply



management risks, product/service management risks, and information management risks. Dani (2015) stated that food supply chain risks classified on the basis of those risks occurring due to variance in matching supply and demand and those arising from supply disruptions. Then, Sharma and Sharma (2015) has made summarization of various risk typologies based on SCRM literature.

The empirical investigations of supply chain risks in agri-food supply chain domain have been covered in some recent literature. For instances, Astuti *et al.* (2014) in mangosteen industry, Septiani *et al.* (2016b) and Prakash *et al.* (2017) in dairy industry, Kamal (2014) in organic vegetable, Jaya *et al.* (2014) in coffee industry, Nasution *et al.* (2014) in shrimp industry, Ulfah (2016) in sugar cane industry, and Mulyati and Gerdermann (2017) in seaweed industry. Actually, risk events often influence each other and rarely act independently (Badurdeen *et al.* 2014). Geraldine and Pujawan (2009) shown that dependencies among risk events could happen. Most of the literatures above are not consider dependency or relationship among risk events. The risks propagate from upstream to downstream of the supply chain as found in Garvey *et al.* (2015). In this case, Bayesian network (BN) or also called Bayesian belief network has the capability in handling uncertainty and causal-relationship among variables. BN is a powerful tool for quantifying uncertainty where the risks are translated into quantitative values in terms of probability (Nepal and Yadav 2015). In a BN, nodes are representative of random variables and edges between the nodes represent probabilistic dependencies among the corresponding random variables (Maleki and Cruz-Machado 2013). A number of papers have been published to cover the BN application in supply chain risk domain, for instances, Lockamy III (2014), Badurdeen *et al.* (2014), Sharma and Sharma (2015), Garvey *et al.* (2015), Nepal and Yadav (2015), Qazi *et al.* (2017). However, BN based models in the literature above are in manufacturing industry supply chain where has some different characteristic with agri-food industry.

This study aimed to identify risks and to develop a risk propagation model in agri-food industry supply chain. The first objective is achieved by reviewing of relevant literature. The remainder of this paper is organized as follows. Section 2 provides a methodology for this study. Section 3 provides the results and discussions. Finally, Section 4 provides conclusions, limitations, and future works to be done.

2. Methodology

This section consists of two sub-sections that in line with the study objectives to be achieved.

2.4 Identifying main risks in agri-food industry supply chain.

The main risks in the agri-food supply chain were identified by the literature study. We selected the articles from peer-reviewed journals, doctoral and master thesis. Then, the risks are classified based on their risk types. This information will be needed to develop a risk network in the next stage.

2.5 Bayesian network modeling for risk propagation in agri-food industry supply chain.

The propagation of risks in agri-food supply chain will be modeled by the Bayesian Network (BN) approach. The BN is a probabilistic graph model. The BN is a 'directed acyclic graph' (DAG) consisting of nodes which correspond to a set of random variables $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, and represents a finite set of states, and directed edges, representing the probabilistic causal dependence among the variables (Sharma and Sharma, 2015). The risk propagation occurs due to there are dependencies among risk events. The basic framework of the risk propagation using the Bayesian network is depicted in Figure 1. Let us consider risk nodes with an impact node. In BN, node (risk) of 1, 2, 3, and 4 are independent of each other. The risk 1 and 2 are parent nodes, while risk 5 is a child node. An impact node has parents (risk 5 and 6). There are some state types in a node; binary, discrete or continuous variables.



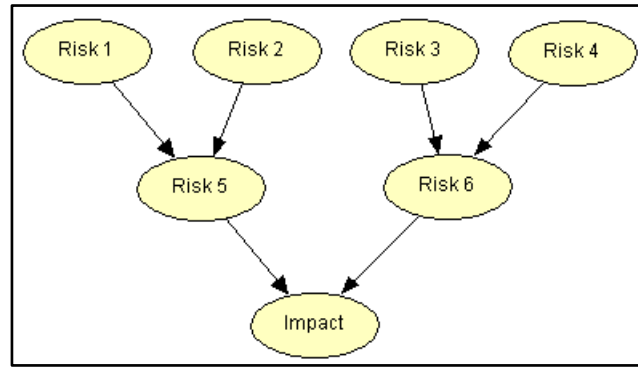


Figure 1. An acyclic directed graph of risk nodes.

The important thing of using BN is its inferential or reasoning ability. Inference in Bayesian networks generally refers to (i) finding the probability of a variable being in a certain state, given that other variables are set to certain values, or (ii) finding the values of a given set of variables that best explain why a set of other variables are set to certain values (Dali et al., 2011). In general, there are two types of inference support: predictive and diagnostic. A top-down approach is for predictive analysis, while a bottom-up approach is for diagnostic analysis (Maleki and Cruz-Machado, 2013).

Based on probability types, a BN has two inputs namely prior probability and conditional probability. The first term refers to probability value for a node with no parent (independent variable). While, the second term refers to probability value for a node that has a parent node (dependent variable). The conditional probability (CP) means that whenever statement about the probability $P(A)$ of an event A is given, then it is implicitly given conditioned on other known factors. Generally statements of the CP as follows “Given the event B , the probability of the event A is p ” (Jensen and Nielsen, 2007). The input value of these probabilities obtained from a database or expert opinions. Jensen and Nielsen (2007) explained that property of the CP as follows. For two events A and B , with $P(B) > 0$, the CP for A given B is

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \quad (1)$$

While, a BN output called as ‘posterior probability’ or ‘marginal probability’ that obtained by inference process (represented as joint probability values). According to Kjærulff and Madsen (2013) that for a DAG, $g = (V, E)$, where V denotes a set of nodes (or vertices) and E a set of directed links (or edges) between pairs of the nodes, a joint probability distribution, $P(X_V)$ over the set of (typically discrete) variables X_V indexed by V is factorized as:

$$P(X_V) = \prod_{v \in V} P(X_v | X_{pa(v)}) \quad (2)$$

where $X_{pa(v)}$ denotes the (preferably small) set of parent variables of variable X_v for each node $v \in V$. The factorization in (2) expresses a set of independence assumptions, which are represented by the DAG in terms of pairs of nodes that are not directly connected to one another by a directed link.

3. Results and Discussions

From the literature study, we identify the various risks in agri-food industry supply chain context. The following Table 1 gives main risks and their types based on researchers in agri-food SCRM domain.



Table 1. Main risks in SCRM agri-food SCRM literatures.

Risk type	Risks	References
Natural risk	Weather uncertainty	Astuti et al. (2014)
	Seasonal variation	Ulfah (2016), Prakash et al. (2017)
Supply risk	Uncertainty	Astuti et al. (2014)
	Scarcity/ failure harvest	Nasution et al. (2014), Mulyati and Geldermann (2016)
	Post harvest shrinkage	Kamal (2014)
Production/	Machine breakdown	Prakash et al. (2015), Mulyati and Geldermann (2016)
	Low quantity yield	Prakash et al. (2015), Mulyati and Geldermann (2016)
	Inventory stockout	Kamal (2014), Mulyati and Geldermann (2016)
Quality risk	Raw material quality is diverse	Nasution et al. (2014)
	Poor quality raw material	Nasution et al. (2014), Mulyati and Geldermann (2016)
	Quality is diverse	Nasution et al. (2014)
	Quality assurance	Kamal (2014)
	Contaminated/ damage product	Nasution et al. (2014)
Transportation risk	Disturbance	Ulfah (2016)
	High cost	Prakash et al. (2015)
Price risk	Low price	Prakash et al. (2015)
	Price fluctuation	Nasution et al. (2014), Mulyati and Geldermann (2016)
	Exchange rate fluctuation	Astuti et al. (2014)
Demand risk	Uncertainty	Astuti et al. (2014), Mulyati and Geldermann (2016)
	Significantly increase	Ulfah (2016),
	Unmet demand	Kamal (2014), Nasution et al. (2014)

Based on identified risks in agri-food supply chain (Table 1), then we will shows a simplified example of the risks propagation in agri-food supply chain. The BN structure of the risk propagation is built by using Hugin software. See Figure 2 below.

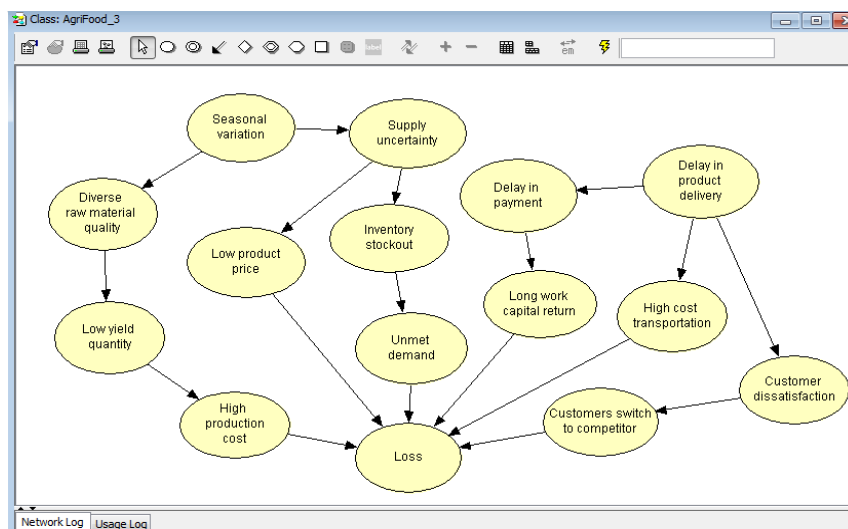


Figure 2. Risk networks in Hugin Lite 8.5

Based on Figure 2 above, nodes of 'seasonal variation' and 'delay in product delivery' are parent node, while the others are child nodes. It is interesting to know how a risk drivea the other risks to appear (called as propagation). For instance, if the 'seasonal variation' (risk factor) exists then it will drive the 'diverse-raw material quality' risk to appear. Then, it will drive the 'low-quality yield' risk to appear. Finally, these various risks will contribute to the 'total loss'. For simplification purposes, we assume that all nodes are binary variable (Yes, No).

The next step, the prior and conditional probability values must be determined. For model testing purposes, we used hypothetical probability values. See Figure 3 below.

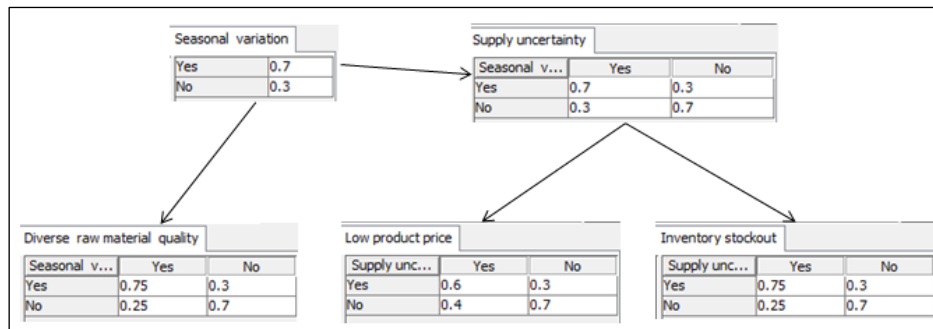


Figure 3. Prior and conditional probability values (input)

Based on Figure 3 above, the prior probability values of seasonal variation is 0.7 and 0.3 (respectively is for the state 'Yes' and state 'No'). The sum of these two probability values should be one. Here, the state 'Yes' means the seasonal variation exists, while state 'No' means the 'seasonal variation' is absent. The conditional probability values are shown in 'diverse-raw material quality' node. If the seasonal variation exists (Yes = 0.7) then the 'diverse-raw material quality' will appear with probability 0.75.

Make sure that all input probability values have been assigned to each stated on all nodes.. Then the join probability (posterior probability) values are computed as follows. See Figure 4 below.

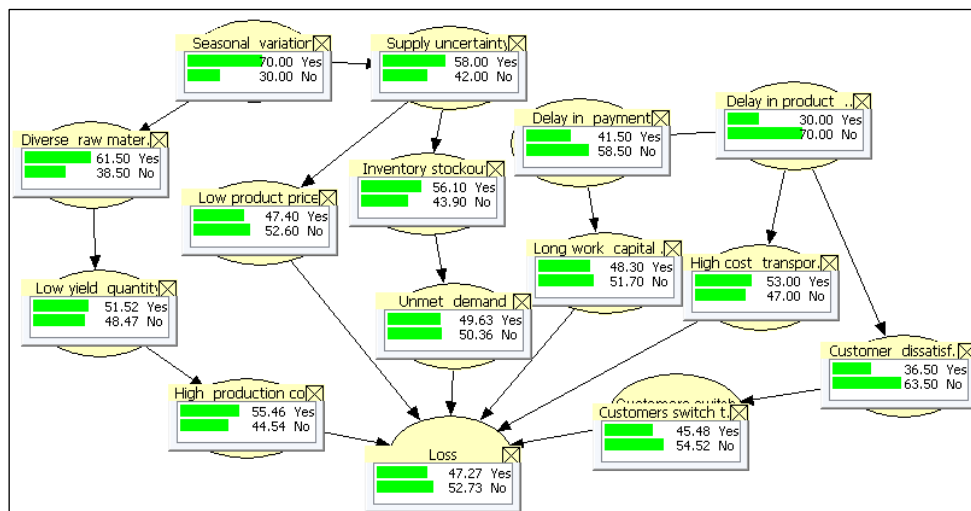


Figure 4. Propagation risk network with posterior probabilities (output)

By the inference process, if the 'seasonal variation' has probability (Yes = 70%), then 'diverse raw material quality' will appear with a probability of 61.50%. The risks propagate through links (edges) in the network. Finally, the probability of the total loss of Yes (it means 'High') as 47.27%, while No (it means 'Low') as 52.73%. The developed Bayesian network potentially indicates how any changes in prior and conditional probability values will affect the joint probability value. For further work, the BN model urgently deployed to simulate the effectiveness of risk mitigation scenarios.

4. Conclusions

This study has identified the main risks in agri-food industry supply chain based on their types namely; natural risk, supply risk, production or process risk, quality risk, transportation risk, price risk, and demand risk. The developed Bayesian network model generally explains the propagation of risks in agri-food supply chain through their causality relationship or dependency. The model has some limitations to be extended for future works. For instances, in the real case, a risk event may have multi-states both discrete or continue, then the model must be able to accommodate this multi-states condition. Then the model only captures the behavior of risk events (nodes) in a fixed point or time interval. Instead, a dynamic Bayesian network (DBN) represents risk behavior over time. The risks may have different behaviors in some agri-food commodities, for instances; seasonal cycle, perishable rate and weight shrinkage in storage or along transportation stage. Therefore, it is needed the real case studies on certain agri-food supply chain.

References

- Ahumada, O., and Villalobos, J. R., 2009, Application of Planning Models in the Agri-food Supply Chain: A review. *European journal of Operational research*, Vol. 196 No. 1 pp. 1-20.
- Astuti R., Marimin, Machfud, Arkeman Y., Poerwanto R., and Meuwissen M.P.M., 2013, Risks Mitigations in the Supply Chain of Mangosteen: A Case Study. *Operations and Supply Chain Management*, Vol. 6 No. 1, pp. 11-25.
- Badurdeen, F., Shuaib, M., Wijekoon, K., Brown, A., Faulkner, W., Amundson, J., and Boden, B., 2014, Quantitative Modeling and Analysis of Supply Chain Risks using Bayesian Theory. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 25 No. 5 pp. 631-654.
- Daly, R., Shen, Q., Aitken, S., 2011, Learning Bayesian networks: approaches and issues, *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 26 No. 02 pp. 99-157.
- Dani, S., 2015, *Food supply chain management and logistics: From farm to fork*, Kogan Page Publishers, Singapore.
- Diabat, A., Govindan, K., and Panicker, V. V., 2012, Supply Chain Risk Management and its Mitigation in a Food Industry. *International Journal of Production Research*, Vol. 50 No. 11 pp. 3039-3050.
- Galal, N. M., and El-Kilany, K. S., 2016, Sustainable Agri-food Supply Chain with Uncertain Demand and Lead Time, *International Journal of Simulation Modelling (IJSIMM)*, Vol. 15 No. 3. pp.
- Ganeshkumar, C., Pachayappan, M., and Madanmohan, G., 2017, Agri-food Supply Chain Management: Literature Review, *Intelligent Information Management*, Vol. 9 pp 68 – 96.
- Guan, G. F., Dong, Q. L. and Li, C. H., 2011, Risk Identification and Evaluation Research on F-AHP Evaluation Based Supply Chain, Vol. No. pp. 1513-1517
- Ho, W., Zheng, T., Yildiz, H., and Talluri, S. 2015, Supply Chain Risk Management: a Literature Review. *International Journal of Production Research*, Vol. 53 No. 16, pp 5031-5069.
- Jaya R, Machfud, Raharja S, and Marimin., 2014, Risks Mitigation and Analysis for Sustainable Gayo Coffee Supply Chain using Fuzzy Approach (in Indonesian), *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, Vol. 24 No. 1 pp. 61-71.
- Jensen, F.V., and Nielsen, T.D., 2007, *Bayesian Networks and Decision Graphs*, 2nd Edition, Springer, Berlin.
- Kamal, M.A., 2014, *Master Thesis: Supply Chain Risk Management for Organic Vegetables*, (in Indonesian), Graduate School, Bogor Agricultural University, Bogor.
- Kjærulff, U.B., and Madsen, A.L., 2013, *Bayesian Networks and Influence Diagrams: A Guide to Construction and Analysis*, 2nd Edition, Springer, New York.
- Lavastre, O., Gunasekaran, A., and Spalanzani, A., 2012, Supply Chain Risk Management in French Companies, *Decision Support Systems*, Vol. 52 No. 4 pp. 828-838.
- Lockamy III, A., (2014), Assessing Disaster Risks in Supply Chains, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 114 No. 5 pp. 755-777.



- Maleki, M., and Cruz-Machado, V., 2013, Supply Chain Performance Monitoring Using Bayesian network. *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling*, Vol. 5 No. 2 pp. 177-197.
- Mulyati H, and Geldermann J., 2017, Managing risks in the Indonesian Seaweed Supply Chain. *Journal of Cleaner Technology and Environment Policy*, Vol. 19 No pp. 175-189.
- Nakandala, D., Lau, H., and Zhao, L. 2017, Development of a hybrid fresh food supply chain risk assessment model, *International Journal of Production Research*, Vol. 55 No. 14 pp. 4180-4195.
- Nasution S, Arkeman Y, Soewardi K, and Djatna T., 2014, Risks Evaluation and Identification using fuzzy FMEA for shrimp based agroindustry supply chain, *Journal of Industrial Research*, Vol. 8 No. 2 pp. 135-146
- Nepal, B., and Yadav, O. P., 2015, Bayesian Belief Network-based Framework for Sourcing Risk Analysis during Supplier Selection, *International Journal of Production Research*, Vol. 53 No. 20, pp. 6114-6135.
- Prakash, S., Prakash, S., Soni, G., Soni, G., Rathore, A. P. S., and Rathore, A. P. S., 2017, A Critical Analysis of Supply Chain Risk Management content: a Structured Literature Review. *Journal of Advances in Management Research*, Vol. 14 No.1 pp. 69-90.
- Pujawan, I.N., and Geraldin, L. H. 2009, House of Risk: a Model for Proactive Supply Chain Risk Management. *Business Process Management Journal*, Vol. 15 No. 6, pp. 953-967.
- Qazi, A., Quigley, J., Dickson, A., and Ekici, Ş. Ö., 2017, Exploring Dependency based Probabilistic Supply Chain Risk Measures for Prioritising Interdependent Risks and Strategies. *European Journal of Operational Research*, Vol. 259 No.1 pp. 189-204
- Septiani, W., Marimin, Herdiyeni, Y., and Haditjaroko, L., 2016a, Method and Approach Mapping for Agri-food Supply Chain Risk Management: A Literature Review. *International Journal of Supply Chain Management*, Vol. 5 No. 2 pp. 51-64.
- Septiani, W., Marimin, Herdiyeni, Y., and Haditjaroko, L., 2016b, Risk Dependency Chain Model of Dairy Agro-industry Supply Chain using Fuzzy Logic Approach, *Supply Chain Forum: An International Journal*, Vol. 17 No. 4 pp. 218-230.
- Sharma, S.K., and Sharma, S., 2015, Developing a Bayesian Network Model for Supply Chain Risk Assessment. *Supply Chain Forum: An International Journal*, Vol. 16 No. 4 pp. 50-72.
- Tang, C. S., 2006, Perspectives in Supply Chain Risk Management, *International Journal of production economics*, Vol.103 No. 2 pp. 451-488.
- Ulfah, M., 2016, *Doctoral Thesis: Design of Supply Chain Risk Management Model for Refined Sugar Supply Chain*, (in Indonesian), Graduate School, Bogor Agricultural University, Bogor.



Man Power Planning Dan Workload Analysis Pada Unit Human Capital PT Angkasa Pura II (PERSERO)

Wahyu Indah Nur Hidayah, Novie Susanto

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Semarang 50239

Telp. (024) 7460052

E-mail: wahyuindahnurhidayah@gmail.com

Intisari

PT Angkasa Pura II (Persero) merupakan salah satu perusahaan BUMN yang bergerak dibidang jasa. Semakin banyaknya Bandar Udara yang dikelola PT Angkasa Pura II (Persero) dan semakin pesatnya pertumbuhan bisnis penerbangan di Indonesia, maka kebutuhan dan pengelolaan SDM PT Angkasa Pura II (Persero) menjadi semakin kompleks. Proses penyusunan Man Power Planning yang dilakukan oleh PT Angkasa Pura II (Persero) saat ini hanya memperhatikan tingkat pemenuhan di masing-masing unit dan Kantor Cabang. Pada tahun 2016 produktivitas perusahaan meningkat 6% namun pada tahun 2017 diperkirakan produktivitasnya menjadi -7,75%. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi metode pelaksanaan Man Power Planning PT Angkasa Pura II (Persero) agar produktivitas tidak menurun tajam seperti yang diperkirakan. Proses evaluasi Man Power Planning tersebut dilakukan dengan menggunakan data tahun 2010 hingga tahun 2016 dan data proyeksi tahun 2017 sampai tahun 2020. Data tersebut terdiri dari revenue atau pendapatan usaha dan Aircraft Movement. Metode Man Power Planning yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan analisis regresi linier untuk mengetahui apakah terdapat korelasi antara kebutuhan SDM dengan revenue, pergerakan pesawat, pergerakan penumpang, dan pergerakan kargo. Output analisis regresi linier dari keempat faktor menunjukkan bahwa pergerakan penumpang memiliki korelasi positif dengan nilai R square sebesar 35,24%. Hasil penelitian ini mampu menyusun Man Power Planning usulan yang mampu mereduksi penurunan produktivitas perusahaan dari -7,75% menjadi -0,17%.

Kata kunci: Man Power Planning, Produktivitas, Analisis Regresi Linier

1. Pendahuluan

Man Power Planning atau biasa disebut *Human Resource Planning* merupakan suatu langkah menempatkan seseorang dengan keahlian yang tepat, dengan jumlah yang tepat, dan pada posisi yang tepat untuk menunjang tercapainya tujuan suatu organisasi (Dessler, 1999; Noe, 2003; Gazperz, 2004). *Man Power Planning* sangat dibutuhkan dalam dunia Industri karena *Man Power Planning* akan menentukan produktivitas organisasi (Kenna dan Nic, 2011).

PT Angkasa Pura II (Persero) sebagai salah satu perusahaan BUMN yang bergerak dibidang jasa kebandarudaraan bertujuan menjalankan pengelolaan dan perusahaan dalam bidang jasa kebandarudaraan dengan mengoptimalkan pemberdayaan potensi SDM yang dimiliki dan penerapan praktik tata kelola perusahaan yang baik. PT Angkasa Pura II (Persero) diharapkan dapat menghasilkan produk dan layanan jasa yang bermutu tinggi dan berdaya saing kuat sehingga dapat meningkatkan nilai perusahaan dan kepercayaan masyarakat.

Semakin banyaknya Bandar Udara yang dikelola dan semakin pesatnya pertumbuhan bisnis penerbangan di Indonesia, maka kebutuhan dan pengelolaan SDM PT Angkasa Pura II (Persero) menjadi semakin kompleks. Saat ini kebutuhan SDM PT Angkasa Pura II (Persero) mencapai 5450 pegawai pada tahun 2016. PT Angkasa Pura II (Persero) memerlukan *Man Power Planning*



yang baik dan tepat untuk mencapai efisiensi SDM yang ada. *Man Power Planning* sangat menentukan produktivitas suatu perusahaan. Menurut Cahyani (2005) jumlah pegawai yang banyak belum tentu dapat meningkatkan penghasilan perusahaan dan menurut Bacal (1999) jumlah pegawai yang tidak sesuai kebutuhan tidak akan membantu perusahaan dalam mencapai tujuan perusahaan. Untuk itu PT Angkasa Pura II (Persero) harus membuat *Man Power Planning* yang sesuai kebutuhan perusahaan untuk mencapai tingkat produktivitas yang tinggi. Penelitian lain terkait *Man Power Planning* telah dilakukan oleh Escheikh et al. (2014), Jones et al. (2015), Gao et al. (2013).

Banyak faktor yang seharusnya dipertimbangkan dalam pembentukan *Man Power Planning*, seperti faktor capital, profit, investasi, dan GNP (Ainsworth, 2007; Armstrong, 1994). Dalam melakukan proses *Man Power Planning*, saat ini PT Angkasa Pura II (Persero) hanya memperhatikan tingkat pemenuhan SDM berdasarkan formasi yang telah dibuat serta proyeksi jumlah pensiun setiap tahunnya. PT Angkasa Pura II (Persero) belum memperhatikan korelasi antara penambahan jumlah SDM dengan pertumbuhan bisnis dan operasional perusahaan (revenue, pergerakan penumpang, pergerakan pesawat, dan pergerakan kargo). Padahal menurut Notoadmodjo (2003) dalam menentukan *Man Power Planning* terdapat faktor – faktor yang perlu diperhatikan antara lain : produktivitas, workload unit, revenue, EBITDA (*Earning before interest, tax, depreciation & Amortation*), dan *Aircraft Movement* (*passanger movement and cargo movement*).

Pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi terhadap metode pelaksanaan *Man Power Planning* PT Angkasa Pura II (Persero) berdasarkan *workload analysis*. Penelitian lain terkait *workload analysis* telah dilakukan oleh Jones et al. (2015), Escheikh et al. (2017), Beloglazov et al. (2012) dan Mun et al. (2017). Proses evaluasi *Man Power Planning* PT Angkasa Pura II (Persero) dilakukan dengan menggunakan data tahun 2010 hingga proyeksi sampai tahun 2020. Data tersebut terdiri dari revenue atau pendapatan usaha dan *aircraft movement*. Metode *Man Power Planning* yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan analisis regresi linier. Analisis regresi Linier digunakan untuk mengetahui apakah terdapat korelasi antar variabel (Walpole dan Myes, 1996). Variabel – variabel penelitian ini adalah data korelasi antara kebutuhan SDM dengan revenue atau pendapatan usaha, pergerakan pesawat, pergerakan penumpang (*Passanger movement*), dan pergerakan kargo (*Cargo movement*) yang berdasarkan pada penelitian sebelumnya dengan t-test hipotesis oleh Rietveld (2015). Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui faktor manakah yang paling berkorelasi terhadap kebutuhan SDM di PT Angkasa Pura II (Persero).

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di PT Angkasa Pura II (Persero). Penulis dalam melaksanakan penelitian ini diawali dengan studi pendahuluan untuk melihat permasalahan yang terjadi secara langsung di PT Angkasa Pura II (Persero). Peneliti menentukan dilema manajemen berkaitan dengan pembentukan *Man Power Planning* perusahaan saat ini yang menyebabkan perkiraan penurunan produktivitas di tahun 2017. Selain itu, studi literatur dilakukan peneliti untuk memperdalam dasar teori yang berkaitan dengan dilema manajemen.

Data dikumpulkan melalui observasi terhadap data jumlah SDM setiap tahun, data proyeksi revenue perusahaan pada Unit Human Capital dan data proyeksi pergerakan penumpang, pergerakan pesawat dan pergerakan kargo pada Unit Perencanaan Strategis PT Angkasa Pura (Persero). Penurunan produktivitas perusahaan terindikasi dari penyusunan *Man Power Planning* yang kurang tepat, yaitu penyusunan *Man Power Planning* yang hanya mempertimbangkan pemenuhan jumlah SDM di masing-masing Unit. Data tersebut digunakan untuk menentukan faktor apa saja yang mempengaruhi tingkat kebutuhan SDM Perusahaan atau *Man Power Planning* serta metode *Man Power Planning* seperti apa yang mampu memperbaiki produktivitas perusahaan. Pengolahan data melibatkan uji hipotesis sebagai berikut.



H_0 : apakah terdapat korelasi antara kebutuhan SDM dengan faktor proyeksi peningkatan *revenue*.

H_0 : apakah terdapat korelasi antara kebutuhan SDM dengan faktor proyeksi peningkatan pergerakan penumpang.

H_0 : apakah terdapat korelasi antara kebutuhan SDM dengan faktor proyeksi peningkatan pergerakan pesawat.

H_0 : apakah terdapat korelasi antara kebutuhan SDM dengan faktor proyeksi peningkatan pergerakan kargo.

Perhitungan dilakukan dengan analisis regresi linier sederhana. Dari keempat faktor tersebut salah satu yang paling berpengaruh akan dijadikan dasar dalam penyusunan *man power planning* usulan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Man Power Planning PT Angkasa Pura II (Persero) yang Digunakan Saat Ini

Data yang digunakan dalam penyusunan *Man Power Planning* PT Angkasa Pura II (Persero) adalah forecast kebutuhan pegawai, pensiunan, dan *presentase* pemenuhan yang ingin dicapai tahun 2016 sampai tahun 2020 yang ditetapkan oleh perusahaan secara keseluruhan sesuai pemenuhan posisi masing-masing unit. *Man Power Planning* perusahaan mempertimbangkan pemenuhan SDM berdasarkan formasi yang telah dibuat serta proyeksi jumlah pensiun setiap tahunnya di setiap unit pada seluruh cabang perusahaan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Kebutuhan SDM PT Angkasa Pura II (Persero)

Keterangan	Tahun				
	2016	2017	2018	2019	2020
Formasi	7.166	7.264	7.107	7.227	7.129
Presentase	76%	84%	90%	93%	95%
Pensiun	108	173	145	121	124
Eksis	5.558	5.450	6.134	6.418	6.696
Jumlah SDM	5.450	6.134	6.418	6.696	6.796
Rekrut	857	429	399	224	135
Calon Pegawai		857	429	399	224

3.2. Produktivitas SDM PT Angkasa Pura II (Persero) Saat Ini

Pada *Man Power Planning* yang ditunjukkan Tabel 1. setiap tahun PT Angkasa Pura II (Persero) melakukan rekrutmen eksternal sejumlah 429 ditahun 2017, 399 ditahun 2018, 224 ditahun 2019, dan 135 ditahun 2020. Dengan jumlah rekrutmen tersebut, menghasilkan produktivitas yang ditunjukkan tabel 2.

Tabel 2. Data Produktivitas SDM PT Angkasa Pura II (Persero)

Keterangan	Tahun				
	2016	2017	2018	2019	2020
Revenue (Rupiah)	6.911.168.691.705	8.124.629.576.208	8.569.331.538.290	9.101.846.157.646	9.505.592.595.921
WLU	100.305.759	104.148.680	108.141.930	112.291.457	116.603.442
Jumlah SDM	5.450	6.134	6.418	6.696	6.796
Produktivitas	18.404,72642	16.978,91751	16.849,78654	16.769,93085	17.157,65774



Keterangan	Tahun				
	2016	2017	2018	2019	2020
Pertumbuhan produktivitas	6%	-7.75%	-0.76%	-0,47%	2,31%
Revenue/ <i>Empl oyee</i> (Rupiah/orang)	1.268.104.347	1.324.523.896	1.335.202.795	1.359.296.021	1.398.704.031
Pertumbuhan Revenue/ <i>Employee</i>	3.50%	4.45%	0.81%	1.80%	3.01%

Produktivitas SDM perusahaan diperhitungkan berdasarkan faktor-faktor : Work Load Unit formasi yang telah dibuat serta proyeksi jumlah pensiun setiap tahunnya. Dari hasil perhitungan *Man Power Planning* dapat diketahui produktifitas pegawai (*WLU/employee* dan *Revenue/employee*).

3.3. Analisa Regresi Faktor Penentu

Berdasarkan tabel 2. menunjukkan pertumbuhan produktivitas yang terus menurun mulai dari tahun 2017. Dengan pertumbuhan produktivitas yang terus menurun, maka perusahaan perlu melakukan evaluasi terhadap *Man Power Planning* perusahaan. Faktor pemenuhan SDM berdasarkan formasi yang telah dibuat serta proyeksi jumlah pensiun setiap tahunnya belum cukup untuk di jadikan dasar pembuatan *Man Power Planning*. Perusahaan perlu mempertimbangkan faktor lain untuk merancang ulang *man power planning* perusahaan.

Faktor penentu yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah : (1) Pendapatan usaha; (2) Pergerakan penumpang; (3) Pergerakan pesawat; (4) Pergerakan kargo. Korelasi dari keempat faktor menghasilkan kesimpulan pada tabel 3.

Tabel 3. Rekap Faktor Penentu *Man Power Planning*

Faktor Penentu	Kesimpulan
Pendapatan Usaha	Pendapatan usaha tidak memiliki pengaruh terhadap jumlah SDM di PT Angkasa Pura II (Persero),
Pergerakan Pesawat	Pergerakan pesawat memiliki pengaruh terhadap jumlah SDM di PT Angkasa Pura II (Persero)
Pergerakan Penumpang	Pergerakan Penumpang memiliki pengaruh terhadap jumlah SDM di PT Angkasa Pura II (Persero)
Pergerakan Kargo	Pergerakan Kargo memiliki pengaruh terhadap jumlah SDM di PT Angkasa Pura II (Persero)

Perencanaan kebutuhan SDM atau *Man Power Planning* sesuai dengan regresi linier yang dilakukan dipengaruhi oleh pergerakan pesawat, pergerakan penumpang dan pergerakan kargo. Berdasarkan proyeksi faktor peningkatan kebutuhan SDM hingga tahun 2020, faktor pergerakan penumpang adalah faktor yang paling mungkin untuk dijadikan acuan. *Man Power Planning* PT Angkasa Pura II (Persero) dengan rancangan pada tabel 4.

Tabel 4. Faktor Peningkatan Pergerakan Penumpang

Tahun	Pergerakan Penumpang	Jumlah SDM	Faktor Peningkatan
2010	62.610.741	4.058	
2011	72.315.120	5.413	
2012	82.020.591	5.523	
2013	86.354.063	4.808	



Tahun	Pergerakan Penumpang	Jumlah SDM	Faktor Peningkatan
2014	85.131.033	5.221	
2015	88.307.935	5.579	
2016	91.840.252		1,04
2017	95.513.862		1,08
2018	99.334.417		1,12
2019	103.307.793		1,17
2020	107.440.105		1,21

Faktor peningkatan dihitung dengan cara membandingkan jumlah kebutuhan tahun sekarang dengan tahun sebelumnya. Berdasarkan faktor peningkatan tersebut kebutuhan SDM PT Angkasa Pura II (Persero) diperkirakan seperti yang terlihat pada tabel 5.

Tabel 5 Faktor Peningkatan Pergerakan Penumpang

Tahun	Kebutuhan SDM
2016	5787
2017	6019
2018	6259
2019	6510
2020	6770

3.4. Man Power Planning Usulan PT Angkasa Pura II (Persero)

Perencanaan kebutuhan SDM atau *Man Power Planning* sesuai dengan regresi linier yang dilakukan menunjukkan proyeksi faktor peningkatan kebutuhan SDM hingga tahun 2020 berkorelasi dengan faktor pergerakan penumpang. Oleh karena itu *Man Power Planning* PT Angkasa Pura II (Persero) Usulan dirancang sebagai berikut pada tabel 6.

Tabel 6. *Man Power Planning* Usulan

Keterangan	Tahun				
	2016	2017	2018	2019	2020
Formasi	7.166	7.264	7.107	7.227	7.129
Presentase	81%	83%	88%	90%	95%
Pensiun	108	173	145	121	124
Eksis	5.558	5.787	6.134	6.418	6.696
Jumlah Karyawan yang diperlukan	5.787	6.019	6.259	6.510	6.770
Rekrut	337	405	270	213	198
Calon Pegawai		337	405	270	213

Cara perhitungan *man power planing* tabel di atas adalah sebagai berikut:

1. Formasi, jumlah pekerja eksis dan jumlah karyawan yang diperlukan tahun 2016 digunakan sebagai patokan perhitungan pertama.
2. Presentase pemenuhan karyawan adalah hasil perbandingan jumlah karyawan dengan formasi
3. Jumlah karyawan yang perlu direkrut diperoleh dari jumlah karyawan yaang diperlukan dikurangi karyawan eksis ditambah jumlah pensiun.



4. Calon pegawai adalah total karyawan yang akan direkrut pada tahun sebelumnya.

3.5. Produktivitas SDM PT Angkasa Pura II (Persero) Baru

Dari Man Power Planning usulan didapatkan produktivitas PT Angkasa Pura II (Persero) sebagai berikut yang dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Tingkat produktivitas SDM Baru

Keterangan	Tahun				
	2016	2017	2018	2019	2020
Revenue (Rupiah)	6.911.168.691.705	8.124.629.576.208	8.569.331.538.290	9.101.846.157.646	9.515.529.595.921
WLU	100.305.759	104.148.680	108.141.930	112.291.457	116.603.442
Jumlah SDM	5.787	6.019	6.259	6.510	6.770
Produktivitas	17.332,94609	17.303,31949	17.277,82873	17.249,07174	17.223,55126
Pertumbuhan produktivitas	2,00%	-0,17%	-0,15%	-0,17%	-0,15%
Revenue/ Employee	1.194.257.593	1.349.830.466	1.369.121.511	1.398.133.050	1.405.543.515
Pertumbuhan Revenue/ Employee	3,50%	13,03%	1,43%	2,12%	3,01%

3.6. Analisis Perbandingan Metode Eksis dan Metode Usulan

Berikut merupakan tabel perbandingan produktivitas *man power planning* dengan metode saat ini yang berdasarkan tingkat pemenuhan kebutuhan SDM masing-masing unit dengan *man power planning* usulan yang mempertimbangkan faktor peningkatan pergerakan penumpang dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Metode Saat Ini dan Metode Usulan

Tahun	Metode Usulan			Metode Saat Ini		
	Jumlah SDM	Pertumbuhan Produktivitas	Revenue/Employee	Jumlah SDM	Pertumbuhan Produktivitas	Revenue/Employee
2016	5787	2,00%	1.194.257.593	5450	6%	1.268.104.347
2017	6019	-0,17%	1.349.830.466	6134	-7.75%	1.324.523.896
2018	6259	-0,15%	1.369.121.511	6418	-0.76%	1.335.202.795
2019	6510	-0,17%	1.398.133.050	6696	-0,47%	1.359.296.021
2020	6770	-0,15%	1.405.543.515	6796	2,31%	1.398.704.031



Tabel di atas menunjukkan dengan metode usulan produktivitas perusahaan cenderung lebih stabil dibandingkan dengan produktivitas metode saat ini. Sesuai perhitungan, produktivitas saat ini menurun tajam pada tahun 2017 yaitu sebesar -7.75%. Dengan menggunakan metode usulan hal tersebut dapat direduksi menjadi -0.17%. selain produktivitas yang lebih stabil, dengan *man power planning* usulan *revenue/employee* perusahaan juga akan meningkat. Hal ini akan menguntungkan bagi *employee* maupun bagi perusahaan.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa faktor yang dianggap paling berpengaruh terhadap kebutuhan jumlah kebutuhan SDM PT Angkasa Pura II (Persero) adalah pergerakan penumpang (*passanger movement*). Metode *Man Power Planning* yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan analisis regresi linier untuk mengetahui apakah terdapat korelasi antara kebutuhan SDM dengan *revenue* atau pendapatan usaha, pergerakan pesawat, pergerakan penumpang (*Passanger Movement*), dan pergerakan cargo (*Cargo Movement*). *Man Power Planning* dibuat berdasarkan peningkatan pergerakan penumpang karena menunjukkan korelasi paling tinggi. Terdapat perbedaan yang signifikan terhadap jumlah kebutuhan jumlah SDM per tahunnya yang berpengaruh pada tingkat produktivitas perusahaan. *Man power planning* usulan menghasilkan perhitungan yang dapat mereduksi penurunan produktivitas setiap tahunnya dari *man power planning* yang digunakan saat ini. . Sesuai perhitungan, produktivitas eksis menurun tajam pada tahun 2017 yaitu sebesar -7.75%. dengan metode usulan hal tersebut dapat direduksi menjadi -0.17%. selain produktivitas yang lebih stabil, dengan *man power planning* usulan *revenue/employee* perusahaan juga akan meningkat. Terbukti pada *Man Power Planning* usulan menghasilkan *revenue/employee* sebesar Rp 1.349.830.466,00 sedangkan pada *man power planning* sebelumnya sebesar Rp 1.324.523.896,00. Hal ini akan menguntungkan bagi *employee* maupun bagi perusahaan.

Daftar Pustaka

- Ainsworth, M., Smith, N., and Millership A., 2007, *Managing Performance Managing People*, PT Bhuana Ilmu Populer, Jakarta.
- Amstrong, M., 1994, *Performance Management*, Kogan Page Limited, London.
- Bacal, R., 1999, *Performance Management*, MC Graw – Hill, New York.
- Beloglazov, A., Abawajy, J., Buyya, R., 2012, Energy-aware resource allocation heuristics for efficient management of data centers for cloud computing, *Future Gener. Comput. Syst.* 28 (5), 755–768
- Cahyani, A, 2005, *Strategi dan Kebijakan Manajemen Sumber Daya Manusia*, PT Indeks, Jakarta.
- Dessler, G., 1999, *Manajemen Sumber Daya Manusia*, PT Gramedia, Jakarta.
- Escheikh, M., Barkaoui, K., Jouini, H., 2017, Versatile workload-aware power management performability analysis of server virtualized systems, *The Journal of Systems and Software* 125, 365–379.
- Escheikh, M., Jouini, H., Barkaoui, K., 2014, A versatile traffic and power aware performability analysis of server virtualized systems In: *Modelling, Analysis & Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MASCOTS), IEEE 22nd International Symposium on. IEEE*, pp. 207–212.
- Gao, Y., Guan, H., Qi, Z., Wang, B., Liu, L., 2013, Quality of service aware power management for virtualized data centers, *J. Syst. Archit.*, 59 (4), 245–259.
- Gasperz, V., 2004, *Perancangan Strategik untuk Peningkatan Kinerja Sektor Publik: Suatu Petunjuk Praktek*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Jones, R., Wray, R., Zaiantz, J., Bachelor, B. Newton, C., 2015, Using Cognitive Workload Analysis to Predict and Mitigate Workload for Training Simulation, *Procedia Manufacturing* 3, 5777 – 5784.



- Kenna M., Eugene and Nic, B., 2011, *Manajemen Sumber Daya Manusia* (terj.) , Andi, Yogyakarta.
- Mun, S., Whang, M., Park, S. Min-Chul., 2017, Effects of mental workload on involuntary attention: A somatosensory ERP study, *Neuropsychologia*, Korea University of Science and Technology, Republic of Korea.
- Neuhauser, M., Ruxton, G. D., 2009, Distribution-free two-sample comparisons in the case of heterogeneous variances, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63, 617–623
- Noe, R., 2003, *Human Resource Management: Gaining A Competitive Advantage*, Graw_Hill, New York.
- Notoatmodjo, S., 2003, *Pengembangan Sumber Daya Manusia*, PT Rineke Cipta, Jakarta.
- Rietveld, T., Van Hout, R., 2015, The *t* test and beyond: recommendations for testing the central tendencies of two independent samples in research on speech, language and hearing pathology, *Journal of Communication Disorders*, 58, 158-168.
- Walpole, R., Myes, R., 1995, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuan* (terj.), ITB, Bandung.



Analisis Risiko pada CV. Surya Mas Rubber dengan Pendekatan SCOR Model

Wiwin Widiasih

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 (Untag) Surabaya
Jl. Semolowaru No. 45, Sukolilo Surabaya, 60118
031 – 592 1516
E-mail: wiwin_w@untag-sby.ac.id

Intisari

Risiko adalah kemungkinan terjadinya penyimpangan dari harapan atau bahaya yang terjadi akibat proses berlangsung atau kejadian akan datang yang dapat menimbulkan kerugian. Manajemen risiko berbasis ISO 31000:2009 merupakan sebuah panduan generik sehingga diharapkan dapat membantu manajemen untuk mempersiapkan diri ke arah perencanaan pencegahan atau mitigasi risiko organisasi. Manajemen risiko dapat diterapkan ke seluruh organisasi pada keseluruhan area kegiatan dan pada setiap tingkatan setiap saat, baik pada suatu fungsi khusus, proyek, proses, maupun suatu kegiatan. Pendekatan secara generik yang dilakukan dalam ISO memberikan suatu prinsip dan panduan untuk mengelola berbagai macam risiko secara sistematis dan transparan dalam berbagai macam ruang lingkup kegiatan dan konteks. Tahapan yang akan dilakukan yaitu tahap penentuan konteks yang akan didekati dengan pendekatan SCOR model, identifikasi risiko dan validasi risiko, analisis risiko, serta evaluasi risiko. Tujuan utama dari penelitian ini yaitu memberikan sebuah kajian atau penilaian risiko sesuai dengan ruang lingkup SCOR model antara lain plan, source, make, delivery, dan return. Outcome dari penelitian ini yaitu mampu menentukan prioritas risiko yang selanjutnya akan ditangani. Risiko yang menjadi prioritas utama adalah A1 review kontrak order tidak dilaksanakan dengan baik. Peluang penelitian selanjutnya adalah melakukan perumusan strategi mitigasi risiko dan mencari hubungan keterkaitan antar risiko.

Kata Kunci: analisis, risiko, SCOR model

1. Pendahuluan

Tingkat persaingan antara industri manufaktur menjadi semakin kompetitif saat ini. Selain itu, pelanggan atau *customer* menjadi semakin tidak bersedia untuk menunggu barang yang dipesan/dibeli/di-order terlalu lama. Berdasarkan Levy (1991), industri manufaktur yang kompetitif tidak hanya dilihat dari aspek harga melainkan aspek lain (non-harga). Aspek lain tersebut antara lain desain produk, kualitas, inovasi produk, respon pengiriman produk yang cepat, variasi produk, dan fleksibilitas. Oleh karena itu industri manufaktur perlu untuk tidak hanya memfokuskan pada keunggulan salah satu aspek tersebut saja melainkan juga fokus pada aspek ketersediaan dan kemampuan fungsi sistem manufaktur yang mendukung kegiatan produksi secara terintegrasi.

CV. Surya Mas Rubber adalah industri manufaktur di bidang pengolahan karet teknik yang menerapkan sistem order. CV. Surya Mas Rubber bergerak sejak tahun 2000 dan berlokasi di Sidoarjo Jawa Timur. Sebagai industri kecil (*workshop*), pada waktu itu CV. Surya Mas Rubber hanya menggunakan peralatan konvensional. Hal tersebut menyebabkan CV. Surya Mas Rubber hanya mampu memproduksi dengan jumlah dan jenis yang terbatas. Seiring dengan kepercayaan yang diberikan pelanggan, CV. Surya Mas Rubber mulai tumbuh dan berkembang hingga saat ini CV. Surya Mas Rubber sudah dilengkapi dengan peralatan yang lebih memadai dan sudah berpengalaman dalam pembuatan produk.



Oleh karena CV. Surya Mas Rubber bergerak di bidang pengolahan karet teknik maka hampir semua bahan baku utama yang digunakan yaitu berbahan dasar karet. Produk yang dihasilkan juga beragam antara lain produk *rubber engineering* meliputi *rubber lining* yang terdiri atas *acid resistant*, *chemical resistant*, *pressure resistant*, *sea water resistant*, dan *abrasive resistant*. Produk *rubber impact* dan *rubber disc* yang terdiri atas *sparepart* khusus untuk sistem conveyor. Produk *rubber hose* terdiri atas *flexibel hose* dan *expantion hose*.

Berdasarkan studi lapangan pendahuluan yang dilakukan pada CV. Surya Mas Rubber didapatkan beberapa permasalahan yang dapat menghambat proses produksi. Salah satu permasalahan yaitu kualitas bahan baku yang kurang baik sehingga dapat menyebabkan cacatnya produk saat proses pembuatan produk. Apabila hal tersebut terjadi akan merugikan pihak perusahaan. Keterlambatan pengiriman bahan baku pada CV. Surya Mas Rubber juga terjadi. Apabila hal tersebut terjadi maka dapat menghambat proses produksi. Kemudian tidak dipungkiri apabila hambatan-hambatan lain terjadi pada aspek yang lain. Hambatan atau kendala tersebut dapat didefinisikan sebagai risiko. Hambatan atau kendala tersebut apabila terjadi dan tidak ditangani maka akan menimbulkan kerugian atau pengurangan profit. Hingga saat ini CV. Surya Mas Rubber belum pernah melakukan kajian risiko atau penanganan hambatan tersebut. Kemudian kajian risiko menjadi sangat diperlukan di suatu perusahaan agar dapat menunjang kelangsungan perusahaan. Kajian risiko merupakan suatu usaha untuk mengetahui, menganalisis, serta mengendalikan risiko dalam setiap kegiatan industri dengan tujuan untuk memperoleh efektivitas dan efisiensi yang lebih tinggi (Darmawi, 2016). Oleh karena itu, diperlukan suatu analisis untuk mengidentifikasi, mengukur, dan menangani terjadinya hambatan atau risiko pada CV. Surya Mas Rubber.

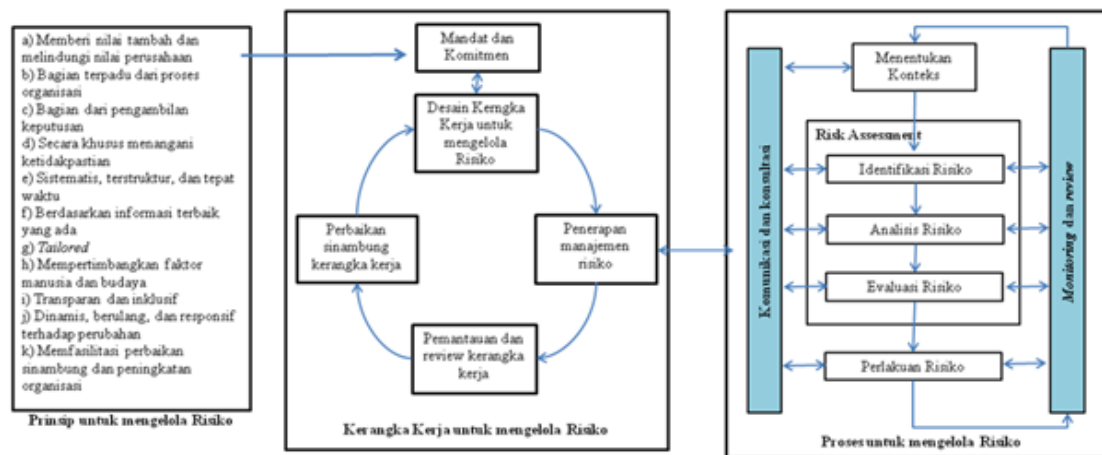
Dalam suatu industri baik manufaktur maupun jasa, keberhasilan dari industri tidak lepas dari peran dalam sinkronisasi setiap elemen yang berinteraksi di dalamnya. *Supply Chain Management* (SCM) atau manajemen rantai pasok adalah serangkaian kegiatan yang meliputi koordinasi, penjadwalan dan pengendalian terhadap pengadaan, produksi, persediaan, dan pengiriman produk ataupun layanan jasa kepada pelanggan yang mencakup administrasi harian, operasi, logistik dan pengolahan informasi mulai dari pelanggan hingga ke pemasok (Irfan, Xiaofei, dan Chun, 2007). Dalam penerapan manajemen rantai pasok di sebuah industri tidak menutup kemungkinan sering terjadi hambatan atau kendala. Hambatan atau kendala tersebut dapat didefinisikan sebagai risiko. Untuk menangani risiko dalam manajemen rantai pasok tersebut dapat dilakukan dengan pendekatan *Supply Chain Operation Reference* (SCOR) model. Penerapan SCOR model ini menyediakan pengamatan dan pengukuran manajemen rantai pasok secara menyeluruh. Ruang lingkup SCOR model yang dirancang oleh *Supply Chain Council* (SCC) ini meliputi perencanaan (*plan*), sumber (*source*), proses produksi/pembuatan (*make*), pengiriman (*delivery*), dan pengembalian (*return*).

Penelitian terdahulu mengenai risiko telah banyak dilakukan antara lain, pengelolaan risiko pada saat *updating* CIM di Perusahaan Pakan Ternak (Widiasih dan Karningsih, 2013); pemetaan risiko rantai pasok pada industri *furniture* (Kusmantini et al, 2015); manajemen risiko di PDAM (Putra et al, 2017); asesmen risiko manajemen risiko korporat terintegrasi di industri penerbangan (Mariana, 2017); manajemen risiko pada rantai pasok di industri manufaktur Indonesia (Vanany et al, 2017); serta model analisis dan strategi mitigasi risiko pada produksi keripik tempe (Irawan et al, 2017).

2. Metodologi

Risiko adalah kemungkinan terjadinya penyimpangan dari harapan atau bahaya yang terjadi akibat proses berlangsung atau kejadian akan datang yang dapat menimbulkan kerugian. Menurut Djohanputro (2008) manajemen risiko merupakan proses terstruktur dan sistematis dalam mengidentifikasi, mengukur, memetakan, mengembangkan alternatif penanganan risiko, dan memonitor dan mengendalikan penanganan risiko. Gambar 1 berikut adalah kerangka kerja manajemen risiko ISO 31000:2009.





Gambar 1 Framework Manajemen Risiko ISO 31000:2009 (Susilo, 2011)

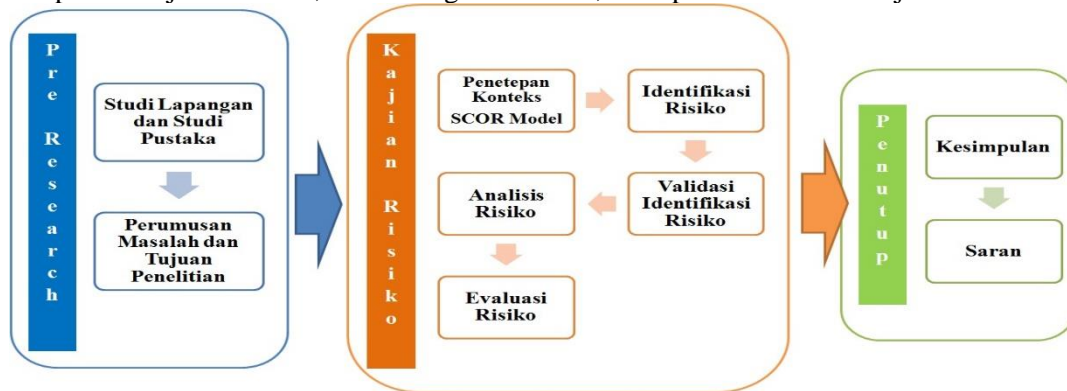
Manajemen risiko berbasis ISO 31000:2009 merupakan sebuah panduan generik sehingga diharapkan dapat membantu manajemen untuk mempersiapkan diri ke arah perencanaan pencegahan atau mitigasi risiko organisasi. Manajemen risiko dapat diterapkan ke seluruh organisasi pada keseluruhan area kegiatan dan pada setiap tingkatan setiap saat, baik pada suatu fungsi khusus, proyek, proses, maupun suatu kegiatan. Pendekatan secara generik yang dilakukan dalam ISO memberikan suatu prinsip dan panduan untuk mengelola berbagai macam risiko secara sistematis dan transparan dalam berbagai macam ruang lingkup kegiatan dan konteks. Penetapan konteks dilakukan untuk menangkap sasaran organisasi, lingkungan dimana sasaran tersebut akan dicapai, para pemangku kepentingan yang terkait, berbagai macam kriteria risiko terkait. Kesemua hal tersebut akan membantu dalam mengungkapkan, menilai, dan mengakses sifat serta kompleksitas dari risiko yang terkait.

Manfaat penerapan manajemen risiko antara lain:

1. Meningkatkan kemungkinan tercapainya sasaran organisasi
2. Mendorong manajemen yang proaktif
3. Meningkatkan kesadaran untuk mengidentifikasi dan menangani risiko di seluruh bagian organisasi
4. Memperbaiki kemampuan identifikasi ancaman dan peluang
5. Mematuhi peraturan hukum dan perundangan dan standar internasional yang berlaku
6. Memperbaiki sistem pelaporan baik yang wajib maupun yang sukarela
7. Memperbaiki *governance* organisasi
8. Meningkatkan kepercayaan dan keyakinan pemangku kepentingan (*stakeholder*)
9. Menetapkan landasan yang kokoh dalam pengambilan keputusan dan perencanaan
10. Memperbaiki pengendalian
11. Mengalokasikan dan menggunakan sumber daya secara efektif dalam menangani perlakuan risiko
12. Meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja dan juga meningkatkan perlindungan terhadap lingkungan hidup
13. Memperbaiki sistem pencegahan kerugian dan pengelolaan tanggap darurat
14. Meminimalkan kerugian
15. Memperbaiki daya tahan organisasi

ISO 31000:2009 ini merupakan standar manajemen risiko yang generik. Dalam ISO 31000:2009 ini perspektif yang digunakan lebih luas dan konseptual dibanding dengan yang lain. Hal ini terlihat di dalam Gambar 1 *framework* yaitu prinsip-prinsip yang telah dinyatakan secara eksplisit. Selain itu juga terdapat kerangka kerja manajemen risiko yang merupakan implementasi prinsip manajemen mutu yang dikenal dengan *Plan-Do-Check-Action*. Dalam kerangka kerja

manajemen risiko, dinyatakan juga dengan perencanaan kerangka kerja manajemen risiko, penerapan manajemen risiko, monitoring dan *review*, serta perbaikan berkelanjutan.



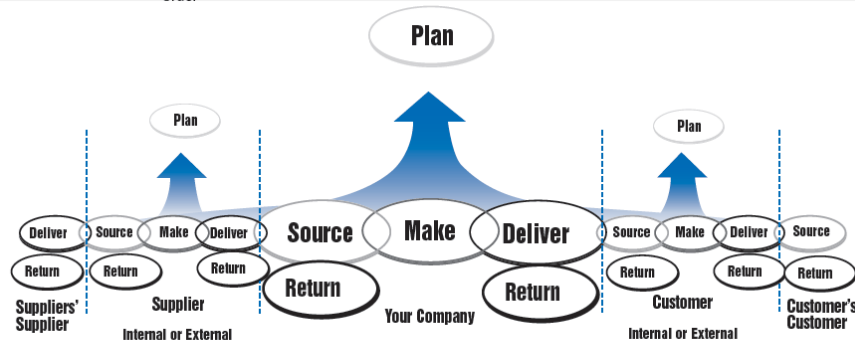
Gambar 2 Prosedur Kajian Risiko Penelitian ini

Pada penelitian ini akan dikukan kajian risiko dengan prosedur yang ada pada Gambar 2 berikut. Dimulai dari pre-research yang terdiri atas studi lapangan dan studi pustaka serta perumusan masalah dan tujuan penelitian. Tahap selanjutnya dilakukan kajian risiko yang terdiri atas penetapan konteks dengan pendekatan SCOR model, identifikasi risiko dan validasi identifikasi risiko, analisis risiko, serta evaluasi risiko. Selanjutnya dilakukan penarikan kesimpulan dan pemberian saran/rekomendasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penetapan Konteks

Pada tahap ini dilakukan penetapan ruang lingkup objek penelitian, hubungan objek penelitian dengan lingkungan eksternal dan internalnya, tujuan dan strategi objek penelitian. Secara umum penetapan ruang lingkup ini berisi deskripsi dari objek penelitian yang diamati, produk atau jasa yang dihasilkan oleh objek penelitian, faktor-faktor kritis yang berada di lingkungan yang ikut mempengaruhi objek penelitian, *stakeholder* objek penelitian, serta kriteria-kriteria evaluasi risiko. Untuk menetapkan ruang lingkup dan metode dapat menggunakan wawancara dengan pihak ahli yang mengerti objek penelitian dan unit bisnis yang akan dianalisis. Adapun gambaran ruang lingkup SCOR model pada Gambar 3.



Gambar 3 SCOR Model

Dalam tahap penetapan ruang lingkup penelitian ini adalah mendefinisikan objek penelitian yaitu CV. Surya Mas Rubber merupakan perusahaan pengolah karet teknik. Dalam penelitian ini kajian yang dilingkupi meliputi proses bisnis yang dijalankan oleh CV. Surya Mas Rubber terkait dengan rantai pasok. Rantai pasok pada penelitian ini akan didekati dengan model SCOR. SCOR model yang dikaji meliputi aspek *plan* (perencanaan), *source* (sumber/supplier), *make* (proses produksi), *deliver* (proses pengiriman), dan *return* (proses retur/pengembalian).

3.2 Tahap Identifikasi Risiko

Pada tahap ini akan diidentifikasi risiko-risiko yang dihadapi dan bagaimana risiko itu dapat terjadi. Identifikasi risiko dapat dilakukan dengan pertanyaan *where, why, and how* kejadian-kejadian yang dapat menghambat atau mempengaruhi pencapaian tujuan. Alat dan teknik yang dapat digunakan dalam pengidentifikasian risiko antara lain melalui *checklist*, kuisisioner, penilaian berdasarkan pengalaman dan dokumen yang sudah ada, observasi serta wawancara dan interaksi langsung dengan obyek amatan yang akan diidentifikasi risikonya. Mengidentifikasi risiko secara terstruktur dapat memudahkan dalam menemukan risiko-risiko yang mungkin terjadi. Dalam mengidentifikasi risiko bisa diklasifikasikan terlebih dahulu berdasarkan jenis, penyebab, ataupun sumber seperti yang dijelaskan sebelumnya.

Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi risiko dengan lingkup SCOR model. Langkah yang dilakukan terlebih dahulu yaitu identifikasi aktivitas-aktivitas yang terjadi pada rantai pasok. Aktivitas yang diidentifikasi telah diklasifikasikan berdasarkan ruang lingkupnya sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 5 Identifikasi Aktivitas

No	Aktivitas
A. Plan (perencanaan)	
1	Perencanaan pemenuhan <i>order</i> dari <i>customer</i>
2	Koordinasi dengan Dept/Bagian Pengadaan material
3	Koordinasi dengan Dept/Bagian Produksi
B. Source (sumber daya/supplier)	
1	Pemilihan <i>supplier</i>
2	Pemesanan bahan baku dan pendukung ke <i>supplier</i>
3	Pembayaran bahan baku dan pendukung ke <i>supplier</i>
C. Make (proses produksi/proses pembuatan)	
1	Proses pelilitan karet
2	Proses penimbangan karet
3	Proses Pemotongan karet
4	Inspeksi
5	Proses pencetakan
6	Proses pembersihan material
7	Proses pelapisan anti kapur
8	Proses penyimpanan produk jadi
D. Delivery (pengiriman produk/barang ke customer)	
1	Pengiriman produk/barang ke <i>customer</i>
E. Return (pengembalian produk/barang dari customer ke CV. Surya Mas Rubber)	
1	Pengembalian produk/barang dari <i>customer</i> ke perusahaan

Selanjutnya dari identifikasi aktivitas kemudian diidentifikasi nama-nama risiko yang terjadi dan berpotensi terjadi. Setelah diidentifikasi nama-nama risiko dilakukan validasi oleh *experties* (pihak manajemen) CV. Surya Mas Rubber. Tabel 2 merupakan hasil validasi identifikasi risiko.



Tabel 6 Validasi Identifikasi Risiko

Tabel 6. Validasi Identifikasi Risiko				
No	Aktivitas	Identifikasi Risiko	Validasi	
			Pernah Terjadi	Potensi Terjadi
A. Plan (perencanaan)				
1	Perencanaan pemenuhan <i>order</i> dari <i>customer</i>	<i>Review</i> kontrak <i>order</i> tidak dilaksanakan dengan baik	<input type="checkbox"/>	
2		Isi kontrak <i>order</i> diluar kemampuan perusahaan		
3	Koordinasi dengan Dept/Bagian Pengadaan material	Terjadi keterlambatan penyampaian informasi ke Dept/bagian pengadaan material		<input type="checkbox"/>
4		Terjadi kesalahpahaman/miss communication		<input type="checkbox"/>
5	Koordinasi dengan Dept/Bagian Produksi	Terjadi keterlambatan penyampaian informasi ke Dept/bagian pengadaan material	<input type="checkbox"/>	
6		Terjadi kesalahpahaman/miss communication		<input type="checkbox"/>
7		Terjadi kesalahan <i>engineering drawing</i> (gambar desain)	<input type="checkbox"/>	
B. Source (sumber daya/supplier)				
1	Pemilihan <i>supplier</i>	<i>Supplier</i> yang dipilih tidak sesuai spesifikasi/kualifikasi yang diharapkan	<input type="checkbox"/>	
2	Pemesanan bahan baku dan pendukung ke <i>supplier</i>	Ketidaksesuaian bahan baku dan pendukung yang datang dengan yang dipesan	<input type="checkbox"/>	
3		Keterlambatan pengiriman bahan baku dan pendukung dari <i>supplier</i>		<input type="checkbox"/>
4		Bahan baku dan pendukung (material) yang datang cacat/ <i>defect</i>	<input type="checkbox"/>	
5		Dokumen bahan baku dan pendukung (material) tidak lengkap		<input type="checkbox"/>
6	Pembayaran bahan baku dan pendukung ke <i>supplier</i>	Keterlambatan pembayaran oleh CV Surya Mas Rubber		<input type="checkbox"/>
7		Terjadi <i>over budgeting</i> dari perhitungan/perencanaan di awal	<input type="checkbox"/>	
C. Make (proses produksi/proses pembuatan)				
1	Proses pelilitan karet	Terjadi kesalahan proses pelilitan karet	<input type="checkbox"/>	
2		Keterlambatan proses pelilitan		<input type="checkbox"/>
3	Proses penimbangan karet	Terjadi kesalahan proses penimbangan karet		<input type="checkbox"/>
4		Keterlambatan proses penimbangan karet		<input type="checkbox"/>
5	Proses Pematongan karet	Terjadi kesalahan proses pematongan karet		<input type="checkbox"/>
6		Keterlambatan proses pematongan		<input type="checkbox"/>



No	Aktivitas	Identifikasi Risiko	Validasi	
			Pernah Terjadi	Potensi Terjadi
7		Kecelakaan kerja/ <i>human error</i>		<input type="checkbox"/>
8	Inspeksi	Tidak teliti dalam melakukan inspeksi		<input type="checkbox"/>
9	Proses pencetakan	Terjadi kesalahan proses pencetakan	<input type="checkbox"/>	
10		Keterlambatan prsoes pencetakan	<input type="checkbox"/>	
11	Proses pembersihan material	Terjadi kesalahan proses pembersihan	<input type="checkbox"/>	
12		Keterlambatan proses pembersihan material		<input type="checkbox"/>
13	Proses pelapisan anti kapur	Terjadi kesalahan proses pelapisan	<input type="checkbox"/>	
14		Keterlambatan prsoes pelapisan anti kapur		<input type="checkbox"/>
15	Proses penyimpanan produk jadi	Tidak tersedia tempat/gudang terbatas	<input type="checkbox"/>	
16		Produk defect/cacat	<input type="checkbox"/>	
D. Delivery (pengiriman produk/barang ke <i>customer</i>)				
1	Pengiriman produk/barang ke <i>customer</i>	Keterlambatan pengiriman produk/barang ke <i>customer</i>		<input type="checkbox"/>
2		Kerusakan produk/barang pada saat pengiriman ke <i>customer</i>		<input type="checkbox"/>
3		Melanggar peraturan kepabean/cukai/jembatan timbangan pada saat pengiriman produk/barang ke <i>customer</i>		<input type="checkbox"/>
E. Return (pengembalian produk/barang dari <i>customer</i> ke CV. Surya Mas Rubber)			<input type="checkbox"/>	
1	Pengembalian produk/barang dari <i>customer</i> ke perusahaan	Keterlambatan pengembalian produk/barang dari <i>customer</i> ke perusahaan	<input type="checkbox"/>	
2		Barang yang dikembalikan tidak sesuai kontrak/perjanjian pengembalian produk/barang	<input type="checkbox"/>	
3		Layanan terkait pengembalian produk/barang kurang optimal	<input type="checkbox"/>	

3.3 Tahap Analisis Risiko

Tahap selanjutnya yaitu analisis risiko. Analisis risiko merupakan penilaian risiko terhadap dua parameter yaitu *likelihood* dan *consequences*. *Likelihood* merupakan penilaian seberapa sering kemungkinan terjadinya risiko atau frekuensi terjadinya risiko. Sedangkan *consequences* merupakan penilaian seberapa besar dampak yang dihasilkan apabila risiko terjadi. Penilaian *likelihood* dan *consequences* ini dinilai skala Likert yaitu dengan pemberian skor 1-5 sesuai deskripsi penilaian Tabel 4 di bawah ini.



Tabel 7 Penilaian *Likelihood* dan *Consequences* (Anityasari dan Wessiani, 2011)

Kemungkinan terjadi risiko / frekuensi terjadi risiko (<i>Likelihood</i>)		
Tingkat (level)	Sebutan	Uraian (<i>Description</i>)
1	Sangat rendah (jarang terjadi/ <i>rare</i>)	Jarang terjadi/hampir tidak pernah terjadi, walau terjadi hanya pada situasi luar biasa atau tertentu
		Probabilitas < 1%
2	Rendah (kecil kemungkinan terjadi/ <i>unlikely</i>)	Jarang terjadi atau bisa terjadi tapi pada saat tertentu, pada suasana/keadaan yang tepat
		Probabilitas antara 1 % s/d 5 %
3	Sedang (mungkin terjadi/ <i>possible</i>)	Kadang-kadang terjadi, bisa terjadi pada saat tertentu, pada suasana yang normal
		Probabilitas antara 15 % s/d 50%
4	Tinggi (mungkin sekali terjadi/ <i>likely</i>)	Sering terjadi dalam setiap keadaan atau kemungkinan besar akan terjadi pada suasana yang normal
		Probabilitas antara 50 % s/d 70%
5	Sangat tinggi (hampir pasti terjadi/ <i>almost certain</i>)	Hampir pasti/sering terjadi dalam setiap keadaan atau dipastikan akan terjadi pada suasana apapun
		Probabilitas > 70 %
Dampak/efek/kerugian jika risiko tersebut terjadi (<i>Consequences</i>)		
Tingkat (level)	Sebutan	Uraian (<i>Description</i>)
1	Sangat kecil (<i>insignificant</i>)	Dampak kecil terhadap sasaran, dapat diabaikan
		Kerugian finansial sangat kecil atau hampir tidak ada kerugian keuangan sama sekali
		Tidak mengganggu operasional organisasi/proyek program
		Penanggulangannya cukup dengan penanganan internal perusahaan/organisasi
2	Kecil (<i>minor</i>)	Kerusakan kecil dan mudah diperbaiki
		Kerugian finansial kecil hingga sedang
		Penanggulangannya cukup dengan penanganan internal perusahaan/organisasi
3	Sedang (<i>Moderate</i>)	Mempengaruhi pencapaian beberapa sasaran
		Kerugian finansial sedang hingga besar
		Penanggulangannya tidak perlu bantuan dari luar Perusahaan
4	Besar (<i>Major</i>)	Sasaran-sasaran penting tidak dapat tercapai
		Kehilangan kemampuan berproduksi (<i>loss of production capability</i>)
		Kerugian finansial besar
		Ancaman serius bagi organisasi/proyek/program
		Penanggulangannya perlu bantuan dari luar Perusahaan tapi tidak mengakibatkan kerusakan



Kemungkinan terjadi risiko / frekuensi terjadi risiko (<i>Likelihood</i>)		
Tingkat (level)	Sebutan	Uraian (<i>Description</i>)
1	Sangat rendah (jarang terjadi/ <i>rare</i>)	Jarang terjadi/hampir tidak pernah terjadi, walau terjadi hanya pada situasi luar biasa atau tertentu Probabilitas < 1%
2	Rendah (kecil kemungkinan terjadi/ <i>unlikely</i>)	Jarang terjadi atau bisa terjadi tapi pada saat tertentu, pada suasana/keadaan yang tepat Probabilitas antara 1 % s/d 5 %
3	Sedang (mungkin terjadi/ <i>possible</i>)	Kadang-kadang terjadi, bisa terjadi pada saat tertentu, pada suasana yang normal Probabilitas antara 15 % s/d 50%
4	Tinggi (mungkin sekali terjadi/ <i>likely</i>)	Sering terjadi dalam setiap keadaan atau kemungkinan besar akan terjadi pada suasana yang normal Probabilitas antara 50 % s/d 70%
5	Sangat tinggi (hampir pasti terjadi/ <i>almost certain</i>)	Hampir pasti/sering terjadi dalam setiap keadaan atau dipastikan akan terjadi pada suasana apapun Probabilitas > 70 %
Dampak/efek/kerugian jika risiko tersebut terjadi (<i>Consequences</i>)		
Tingkat (level)	Sebutan	Uraian (<i>Description</i>)
5	Besar sekali (Bencana/ <i>catastrophic</i>)	Merupakan malapetaka/bencana besar, semua sasaran tidak dapat tercapai Kerugian finansial sangat besar hingga luar biasa Sangat membahayakan organisasi/proyek/program Penanggulangannya perlu bantuan dari luar Perusahaan dan mengakibatkan kerusakan Secara total tidak diterima

Selanjutnya pada tahapan analisis risiko ini juga dilakukan perhitungan *Risk Potential Number* (RPN) atau tingkat risiko. Tingkat risiko didapatkan dengan melakukan perkalian antara nilai *likelihood* dan *consequences*. Setelah dilakukan perhitungan tingkat risiko kemudian dipetakan ke dalam peta risiko. Gambar 4 merupakan peta risiko yang didapatkan.

		<i>consequences</i>				
		<i>insignificant (1)</i>	<i>minor (2)</i>	<i>moderate (3)</i>	<i>major (4)</i>	<i>catastrophic (5)</i>
<i>likelihood</i>	<i>almost certain (5)</i>					
	<i>likely (4)</i>					
	<i>possible (3)</i>					
	<i>unlikely (2)</i>		A2 B1 C6	B2		



	<i>rare (1)</i>	C13 C14 C15 R1 R2 R3	A3 A5 B6 C2 C3 C4 C5 C7 C10 C11 D1	A4 A6 B3 B4 B5 C1 C9 C12 C16 D2	A7 B7 C8 D3	A1
--	-----------------	-------------------------	---	--	----------------	----

Gambar 4 Peta Risiko

3.4 Tahap Evaluasi Risiko

Tahap berikutnya yaitu evaluasi risiko. Evaluasi risiko merupakan daftar prioritas risiko berdasarkan hasil dari analisis risiko dan peta risiko. Dalam penelitian ini tidak ada risiko yang dalam kategori berat (*catastrophic*). Namun terdapat beberapa risiko yang masuk dalam kategori *moderate* antara lain A1 *Review* kontrak *order* tidak dilaksanakan dengan baik, A7 Terjadi kesalahan *engineering drawing* (gambar desain), B7 Terjadi *over budgeting* dari perhitungan/perencanaan di awal, C8 Tidak teliti dalam melakukan inspeksi, dan D3 Melanggar peraturan kepabean/cukai/jembatan timbangan pada saat pengiriman produk/barang ke *customer*. Risiko yang tergolong dalam kategori *moderate* ini yang akan diprioritaskan untuk ditangani terlebih dahulu pada tahap selanjutnya yaitu tahap mitigasi risiko. Risiko yang termasuk dalam kategori *moderate* tersebut sebagian besar merupakan risiko yang pernah terjadi. Dalam mengevaluasi risiko ini juga perlu dipertimbangkan tujuan dari organisasi dan kesempatan yang mungkin muncul. Jika risiko ada pada kategori *low*, maka risiko tersebut dapat diterima dan ditangani dengan cara minimal.

4 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diambil antara lain, manajemen risiko telah dilakukan di ruang lingkup rantai pasok CV. Surya Mas Rubber industri pengolahan karet dengan pendekatan SCOR model meliputi aspek *plan, source, make, delivery, dan return*. Kajian risiko dilakukan dengan melakukan tahapan penetapan ruang lingkup berdasarkan SCOR model, identifikasi risiko dan validasi risiko, analisis risiko, serta evaluasi risiko. Selanjutnya perlu dilakukan perumusan mitigasi risiko serta *monitoring* dan *review* atas risiko yang telah diprioritaskan pada peta risiko. Peluang untuk penelitian selanjutnya yaitu mencari hubungan keterkaitan antara risiko yang ada dengan mempertimbangkan akar penyebabnya. Metode yang dapat digunakan untuk peluang penelitian selanjutnya yaitu integrasi antara *House of Risk* (HOR) dan *Interpretive Structural Modelling* (ISM) atau dapat juga diintegrasikan dengan metode DEMATEL.

Daftar Pustaka

- Anityasari, Maria dan Wessiani, N. A., 2011, *Analisa Kelayakan Usaha Dilengkapi dengan Kajian Manajemen Risiko dengan Pendekatann Student Centered Learning*, Penerbit Guna Widya, Surabaya.
- Djohanputro, B., 2008, *Corporate Risks Management*, Penerbit PPM, Jakarta.
- Irawan, July Prasetyo., Santoso, Imam., dan Mustanirroh, Siti Asmaul., 2017, Model analisis dan Strategi Mitigasi Risiko Produksi keripik Tempe. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri* Volume 6 No 2, pp. 88-96.
- Kusmantini, Titik., Guritno, Adi Djoko., Rustamaji, Heru Cahya, 2015, Mapping of Supply Chain risk in Industrial Furniture Base on House of Risk Framework. *European Journal of Business and Management*, Vol 7 No 34.
- Levy, Paul. 1991, "Organizational Strategy for CIM. Computer Integrated Manufacturing Systems", Vol. 4, No. 2, pp. 80-90.
- Mariana, Cristy Dwita, 2017, Asesmen Risiko Berdasarkan Manajemen Risiko Korporat Terintegrasi Menurut ISO 31000 bagi PT XYZ 2015-2017. *Journal of Management and Business Review*. Vol.14, No.1, pp. 1-29



- Putra, Zainal., Chan, Syafruddin., dan IHA, Moenawar, 2017, Design of Risk Management Based on ISO 31000 in PDAM Tirta Meulaboh. *AFEBI Management and Business Review (AMBR)* Vol.02 No.01.
- Susilo, Leo J., 2011, *Manajemen Risiko Berbasis ISO 31000 untuk Industri Nonperbankan*, PPM, Jakarta Pusat.
- Vanany, Iwan., Zailani, Suhaiza., dan Rusdiansyah, Ahmad., 2017, Supply Chain Risk Management (Scrm) In The Indonesian Manufacturing Companies: Survey From Manager's Perspectives. *Prociding International Conference University Of The Thai Chamber Of Commerce*.
- Widiasih, Wiwin., dan Karningsih, Dana., 2013, Pengelolaan Risiko pada *Updating CIM* di Perusahaan Pakan Ternak. *Jurnal Teknik ITS*.



Identifikasi Waste pada Alur Proses Pemulangan Pasien dengan Pendekatan *Lean Hospital* di RSUD Kabupaten Karanganyar

Yanuar Shinta Rakhmawati, Retno Wulan Damayanti, Irwan Iftadi

Program Studi Teknik Industri dan Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret,
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta, 57126
E-mail: yanuarshinta61@gmail.com

Intisari

Instalasi rawat inap dimana pasien dirawat dengan waktu yang lebih lama perlu merasakan pelayanan langsung yang baik dan memuaskan. Namun, pada kenyataannya ketika pasien sudah dinyatakan pulang oleh dokter, butuh waktu cukup lama hingga pasien benar-benar keluar dari rumah sakit yang terjadi karena muncul kegiatan yang tidak memiliki nilai tambah atau waste. Dalam upaya meminimalisir atau menghilangkan waste di rumah sakit dapat dilakukan dengan metode Lean. Metode Lean merupakan salah satu metode yang dapat mengurangi waste (pemborosan) yang terjadi dan dapat meningkatkan nilai kepada konsumen. Penelitian ini dilakukan di instalasi rawat inap RSUD. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi waste pada proses pemulangan pasien dengan pendekatan lean hospital untuk mengurangi waktu tunggu, dan meningkatkan efektifitas, serta kualitas pelayanan di instalasi rawat inap RSUD Kabupaten Karanganyar. Penelitian ini menggunakan value stream mapping untuk memetakan alur proses pemulangan. Selanjutnya menentukan penyebab permasalahan dengan fishbone diagram dan melakukan perbaikan dengan membuat Failure Mode Effect Analysis (FMEA). Dari RPN yang diperoleh pada Failure Mode Effect Analysis (FMEA) waste dengan nilai tertinggi yaitu waste transportation sebesar 400 terjadi di bangsal, waste waiting sebesar 280 terjadi di apotek, dan waste defect sebesar 250 terjadi di kasir. Rekomendasi perbaikan pada waste yang terjadi adalah perekrutan petugas administrasi rawat inap, pemberian edukasi oleh pihak manajemen, dan penambahan alat komunikasi.

Kata Kunci: Lean Hospital, Value Stream Mapping, Fishbone Diagram, Failure Mode and Effect Analysis.

1. Pendahuluan

Rumah sakit dimana pelayanannya merupakan suatu proses untuk pasien, tak jarang dirasakan panjang dan juga sulit (Jimmerson, Weber, dan Sobek, 2005) dalam (Alamsyah, 2015). Waktu tunggu proses pelayanan dapat memperlihatkan gambaran efisiensi pelayanan di Instansi Rawat Inap.

Instalasi rawat inap dimana pasien dirawat dengan waktu yang lebih lama perlu merasakan pelayanan langsung yang baik dan memuaskan. Sehingga pihak manajemen perlu melakukan peningkatan pelayanan secara terus menerus untuk mencapai kepuasan pasien. Kepuasan dimulai dari pelayanan terhadap pasien sejak pasien pertama kali datang sampai pasien meninggalkan rumah sakit (Anjaryani, 2009). Salah satu indikator yang menunjukkan keberhasilan rumah sakit dalam meningkatkan pelayanan adalah kepuasan pasien. Menurut KepMenKes RI Nomor 129 Tahun 2008 tentang Standar Pelayanan minimal Rumah Sakit menyebutkan bahwa standar waktu pemberian informasi tagihan pasien rawat inap adalah ≤ 2 jam. Namun, pada kenyataannya ketika pasien sudah dinyatakan pulang oleh dokter, butuh waktu cukup lama hingga pasien benar-benar keluar dari rumah sakit yang terjadi karena muncul kegiatan yang tidak memiliki nilai tambah atau waste. Waste adalah segala masalah atau gangguan yang muncul dan menghambat pekerjaan serta pelayanan pasien ada 8 jenis waste, yaitu *Defects, Overproduction, Transportation, Waiting,*



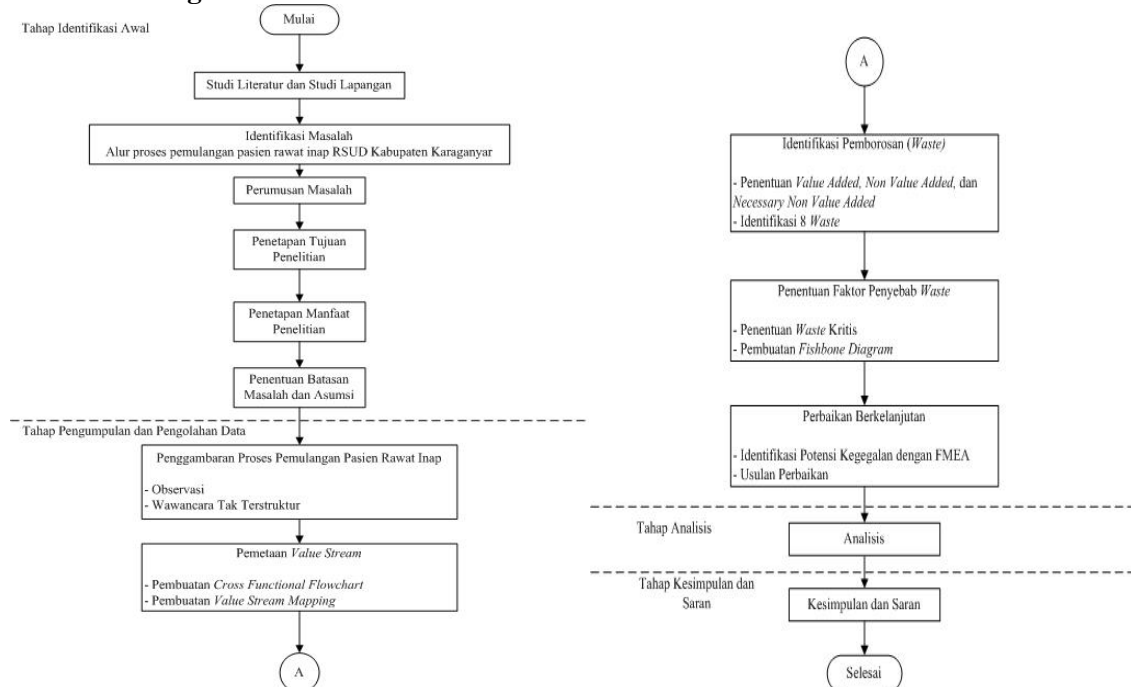
Inventory, Motion, Overprocessing dan *Human Potensial* (Grabian, 2012). *Waste* juga didefinisikan sebagai segala kegiatan yang menambah biaya atau waktu tetapi tidak menambah nilai (Jackson, 2013). Upaya meningkatkan efisiensi juga dapat dilakukan dengan analisis proses kegiatan yang melihat semua elemen yang terlibat sebagai suatu kesatuan sistem (Sihombing, 2014).

Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Karanganyar memenuhi syarat menjadi RSUD kelas C diketahui bahwa masih sering terjadi keterlambatan pengurusan dokumen pasien rawat inap yang telah dinyatakan pulang. Hal tersebut juga membuat pasien harus menunggu lebih lama sampai mendapatkan tagihan pembayaran setelah dokter menyatakan pasien boleh pulang. Perlu identifikasi *waste* yang terjadi di instalasi rawat inap khususnya pada alur proses pemulangan pasien dan pemberian usulan perbaikan dengan metode *lean hospital* yang diharapkan dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi proses pelayanan.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mengidentifikasi *waste* pada proses pemulangan pasien dengan pendekatan *lean hospital* untuk mengurangi waktu tunggu, dan meningkatkan efektifitas, serta kualitas pelayanan di instalasi rawat inap RSUD Kabupaten Karanganyar.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah mengidentifikasi *waste* pada proses pemulangan pasien dengan pendekatan *lean hospital* untuk mengurangi waktu tunggu, dan meningkatkan efektifitas, serta kualitas pelayanan di instalasi rawat inap RSUD Kabupaten Karanganyar.

2. Metodologi



Gambar 1. Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan di instalasi rawat inap RSUD Kabupaten Karanganyar Bangsal. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi pada alur proses pemulangan pasien rawat inap untuk mengetahui proses dan *stakeholder* yang bertanggung jawab pada masing-masing proses. Selain itu dilakukan wawancara dengan pihak terkait yaitu pasien, petugas bangsal, petugas apotek, petugas kasir, dan manajemen rumah sakit untuk dibuat *value stream mapping*. *Value Stream* merupakan perjalanan pasien dari awal sampai akhir secara terintegrasi karena menggambarkan proses pelayanan dari pasien datang hingga pulang (Grabian, 2012).

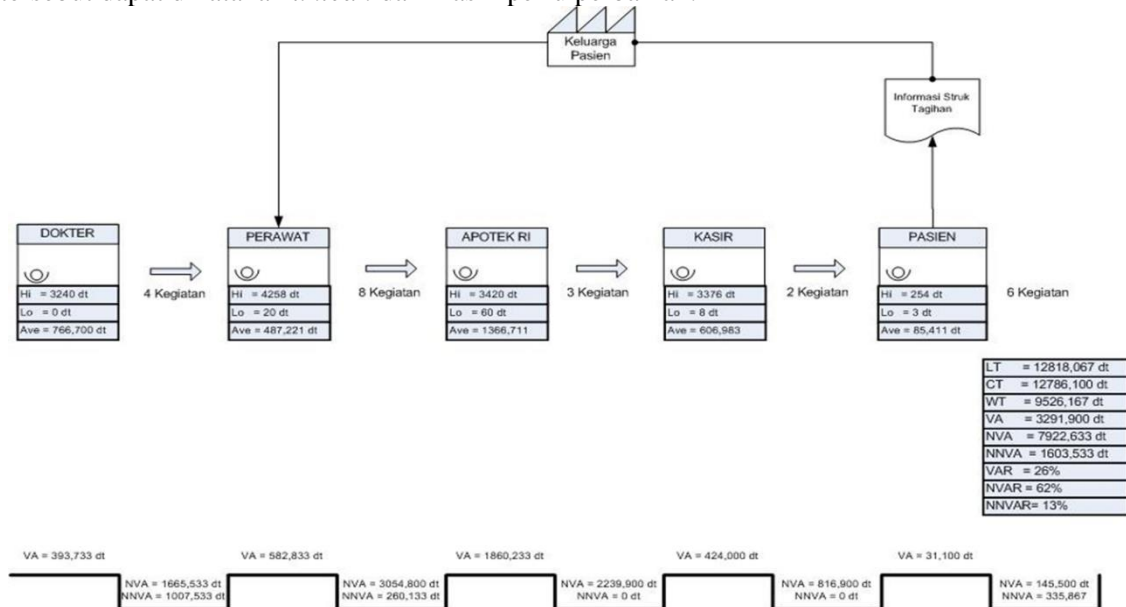
Observasi dilakukan dengan mengikuti proses dari dokter visit sampai pasien pulang. Dalam observasi tersebut dilakukan perhitungan waktu proses pada 30 sampel untuk mengetahui rata-rata waktu proses yang dibutuhkan. Observasi juga dilakukan untuk mengetahui *waste* yang terjadi selama proses berjalan.

Setelah proses diketahui, dibuat *value stream mapping*, dan identifikasi *waste* dengan *eight waste*. Dilakukan penentuan *waste* kritis yang terjadi untuk dianalisis penyebabnya dengan *fishbone diagram* agar diperoleh penyebab terjadinya *waste*. Kemudian dilakukan analisis dengan FMEA untuk mengetahui solusi yang dapat diberikan dari penyebab dan dampak yang terjadi serta rekomendasi perbaikan berdasarkan hasil FMEA yang diperoleh.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Value Stream Mapping

Berdasarkan hasil VSM diketahui bahwa rata – rata lead time proses dari 30 sampel yang diteliti adalah sebesar 12818,067 detik. *Lead time* adalah waktu yang dihabiskan untuk mendapatkan keseluruhan pelayanan mulai dari visit dokter hingga pasien menyerahkan struk tagihan rawat inap. Dari hasil perhitungan VSM didapat ratio *value added* (VA) sebesar 26%, *non value added* (NVA) sebesar 62% dan *necessary non value added* (NNVA) sebesar 13%. Menurut Gasperz (2011) mengatakan bahwa jika nilai *value added* masih dibawah 30% maka proses tersebut dapat dikatakan *unlean* dan masih perlu perbaikan.



Gambar 2. Value Stream Mapping Alur Proses Pemulangan Pasien Rawat Inap

3.2 Identifikasi Waste

Waste adalah sesuatu yang pelanggan tidak mau membayarnya. Menurut Graban (2012) dalam *lean* terdapat 8 *waste* yaitu *waiting*, *over production*, *over processing*, *defect*, *transportation*, *motion*, *inventory* dan *human potential*. Tahap identifikasi *waste* diperlukan untuk mengetahui *waste* apa saja yang terjadi pada proses pemulangan pasien rawat inap sebagai dasar untuk membuat rancangan usulan perbaikan.

Tabel 1. Rekap Aktivitas Kategori 8 Waste

No.	Jenis Pemborosan	Identifikasi Masalah	Peringkat
1	<i>Defect</i>	a. Penulisan resep kurang jelas b. Dosis obat yang diberikan tidak sesuai c. Reaksi obat yang memiliki efek samping d. Penulisan RM pasien kurang jelas	➤ Wawancara ➤ Observasi
2	<i>Over Production</i>	a. Mengeluarkan hasil tes laboratorium berulang yang hasilnya sama b. Memasukan data hasil laboratorium yang sama	➤ Wawancara ➤ Observasi
3	<i>Transportation</i>	a. Petugas mencari berkas status identitas pasien b. Petugas berjalan untuk mengirimkan dokumen c. Petugas mengambil obat pasien di Apotek	➤ Wawancara ➤ Observasi
4	<i>Waiting</i>	a. Pasien menunggu dokter b. Dokumen pasien pulang dikerjakan sesuai antrian c. Pasien menunggu obat pulang d. Pasien menunggu antrian di Kasir	➤ Wawancara ➤ Observasi
5	<i>Inventory</i>	a. Penumpukan dokumen pasien b. Stok obat tertentu kosong (tidak tersedia)	➤ Wawancara ➤ Observasi
6	<i>Motion</i>	a. Petugas perlu berjalan beberapa meter untuk mencari berkas pasien b. Ada kegiatan mencari peralatan c. Petugas menanyakan tulisan yang tidak jelas d. Petugas memeriksa ketersediaan obat	➤ Wawancara ➤ Observasi
7	<i>Over Processing</i>	a. Petugas melakukan pengecekan berkas ulang b. Petugas menghubungi dokter/ petugas lain c. Petugas memberikan informasi yang sama kepada pasien secara berulang	➤ Wawancara ➤ Observasi
8	<i>Human Potential</i>	a. Petugas merasa idenya tidak didengar b. Petugas merasa jenuh c. Tidak tersedia kotak saran/ <i>customer service</i>	➤ Wawancara ➤ Observasi

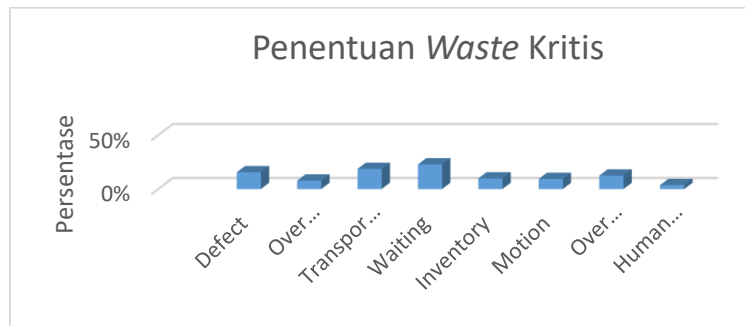
3.3 Penentuan Waste Kritis

Penentuan *waste* kritis diperlukan untuk menentukan prioritas perbaikan proses produksi yang terpat untuk meminimalisir *waste*. Pada tahap identifikasi *waste* kritis ini dilakukan dengan penyebaran kuesioner pada 7 petugas yang terkait langsung dalam proses pelayanan pasien di instalasi rawat inap. Kuesioner dilakukan dengan metode Borda yaitu dengan memberikan peringkat untuk masing – masing jenis *waste* serta mengalikannya dengan bobot yang telah sesuai yaitu peringkat 1 mempunyai bobot tertinggi yaitu (n-1) demikian seterusnya hingga didapatkan *waste* dengan bobot tertinggi yang merupakan *waste* kritis.

Tabel 2. Hasil Kuesioner penentuan Waste Kritis

No	Waste	Peringkat								Total	Presentase	Rank
		1	2	3	4	5	6	7	8			
1	<i>Defect</i>	3	0	0	1	1	0	2	0	30	16%	3
2	<i>Over Production</i>	0	1	1	0	0	2	1	2	15	8%	6
3	<i>Transportation</i>	0	3	2	2	0	0	0	0	36	19%	2
4	<i>Waiting</i>	4	2	0	1	0	0	0	0	44	23%	1
5	<i>Inventory</i>	0	0	2	1	1	0	2	1	19	10%	5
6	<i>Motion</i>	0	0	0	2	2	2	0	1	18	9%	7
7	<i>Over Processing</i>	0	1	2	0	2	0	2	0	24	12%	4
8	<i>Human Potential</i>	0	0	0	0	1	1	2	3	7	4%	8
	Bobot	7	6	5	4	3	2	1	0		100%	
	Total									193		



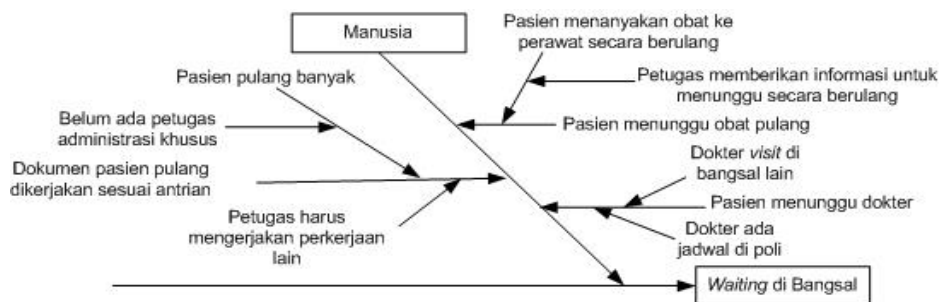


Gambar 3. Diagram Peringkat Waste

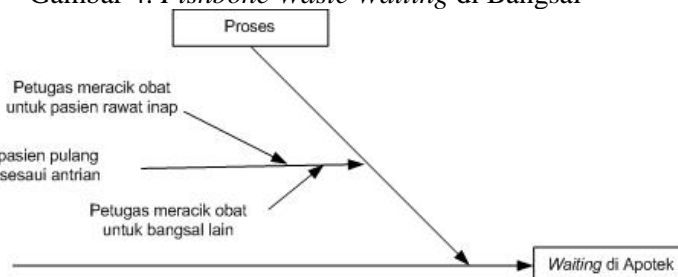
Berdasarkan Gambar 4.3 diketahui bahwa *waste* yang paling kritis adalah *waiting* dengan presentase sebesar 23%, *waste transportation* dengan presentase 19% dan *waste defect* dengan presentase 16%. Ketiga *waste* kritis ini memiliki nilai hasil yang jauh lebih besar dibanding jenis *waste* yang lain. Menurut Wang dan Leung (2004) dalam Purwantara (2012) alternative dengan nilai tertinggi merupakan bahan pertimbangan yang akan dipilih.

3.4 Identifikasi Akar Penyebab Waste Kritis dengan Fishbone diagram

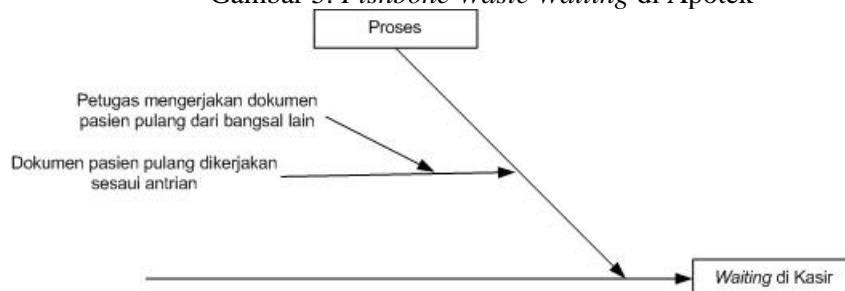
Fishbone diagram merupakan alat yang digunakan untuk menemukan masalah. Alat ini menyediakan sebuah grafis untuk menampilkan secara lebih jelas masalah yang paling sering disebutkan dan juga memungkinkan untuk menganalisis penyebab kegagalan (Zhu, Lu, & Dai, 2014).



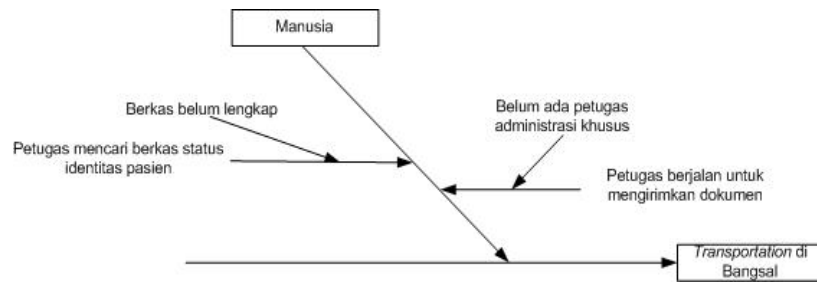
Gambar 4. Fishbone Waste Waiting di Bangsal



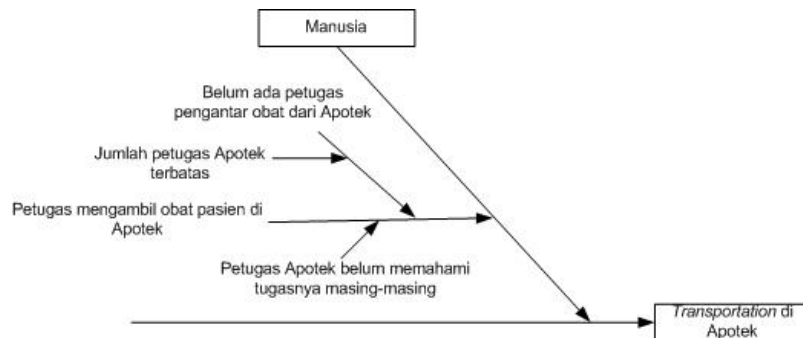
Gambar 5. Fishbone Waste Waiting di Apotek



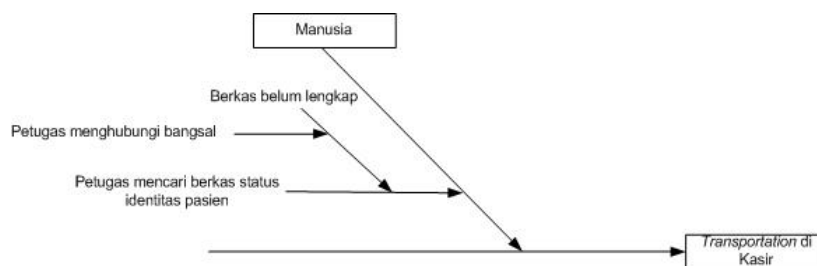
Gambar 6. Fishbone Waste Waiting di Kasir



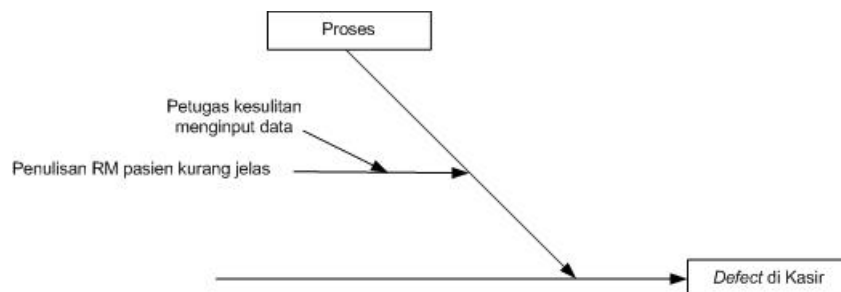
Gambar 7. Fishbone Waste Transportation di Bangsal



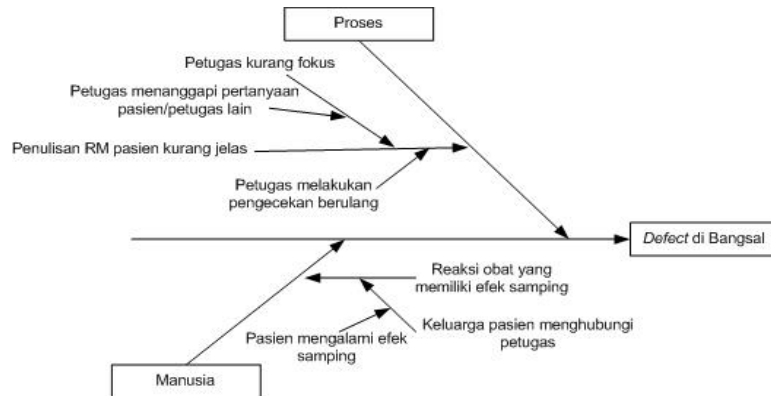
Gambar 8. Fishbone Waste Transportation di Apotek



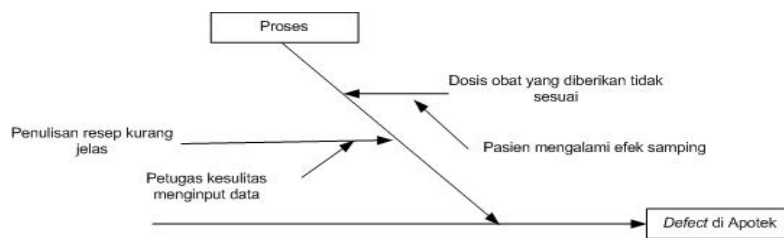
Gambar 9. Fishbone Waste Transportation di Kasir



Gambar 10. Fishbone Waste Defect di Kasir



Gambar 11. Fishbone Waste Defect di Bangsal



Gambar 12. Fishbone Waste Defect di Apotek

3.5 Identifikasi Potensi Kegagalan dengan FMEA

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) adalah sebuah alat yang sangat membantu untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan kesalahan yang mungkin terjadi dalam sebuah proses, dan bukan hanya bereaksi setelah sebuah insiden terjadi (Graban, 2009).

Tabel 3. Identifikasi FMEA Waste Waiting

Deskripsi Proses	Mode Kegagalan	Pengaruh Efek Kegagalan	Severity (S)	Penyebab Potensi Kegagalan	Occurance (O)	Proses Kontrol Saat Ini	Detection (D)	RPN
Waiting di Bangsal	Pasien menunggu dokter	Pasien menunggu lama	6	Dokter visit di bangsal lain	6	Tersedia beberapa dokter untuk 1 bangsal	2	72
				Dokter ada jadwal di Poli	1		2	12
	Pasien menunggu obat pulang	Pasien menunggu lama	5	Pasien menanyakan obat ke perawat secara berulang	3	Belum ada	10	150
	Dokumen pasien pulang dikerjakan sesuai antrian	Pasien menunggu lama	5	Pasien pulang banyak	5	Beberapa petugas membantu administrasi	4	100
				Petugas harus mengerjakan pekerjaan lain	5			100
Waiting di Apotek	Dokumen pasien pulang dikerjakan sesuai antrian	Pasien menunggu lama	4	Petugas meracik obat untuk pasien rawat inap	7	Belum ada	10	280
				Petugas meracik obat untuk bangsal lain	7		10	280
Waiting di Kasir	Dokumen pasien pulang dikerjakan sesuai antrian	Pasien menunggu lama	4	Petugas mengerjakan dokumen pasien pulang dari bangsal lain	7	Petugas lain membantu mengerjakan	2	56



Tabel 4. Identifikasi FMEA *Waste Transportation*

Deskripsi Proses	Mode Kegagalan	Pengaruh Efek Kegagalan	Severity (S)	Penyebab Potensi Kegagalan	Occurance (O)	Proses Kontrol Saat Ini	Detection (D)	RPN
Transportation di Bangsal	Petugas mencari berkas status identitas pasien	Petugas menghubungi keluarga pasien	7	Berkas belum lengkap	3	Billing sistem	1	21
	Petugas berjalan untuk mengirinkan dokumen	1 petugas mengantarkan dokumen ke Apotek dan Kasir	5	Belum ada petugas administrasi khusus	8	Belum ada	10	400
Transportation di Apotek	Petugas mengambil obat pasien di Apotek	Petugas bangsal tidak fokus dengan tugasnya di bangsal	6	Jumlah petugas Apotek terbatas	6	Perawat praktek mengantarkan obat ke bangsal	1	36
				Petugas Apotek belum memahami tugasnya masing-masing	8			48
Transportation di Kasir	Petugas mencari berkas status identitas pasien	Petugas menghubungi bangsal dan <i>delay</i> proses selanjutnya	6	Berkas belum lengkap	3	Billing sistem	1	18

Tabel 5. Identifikasi FMEA *Waste Defect*

Deskripsi Proses	Mode Kegagalan	Pengaruh Efek Kegagalan	Severity (S)	Penyebab Potensi Kegagalan	Occurance (O)	Proses Kontrol Saat Ini	Detection (D)	RPN
Defect di Bangsal	Penulisan RM pasien kurang jelas	Petugas menghubungi keluarga pasien	3	Petugas kurang fokus	6	Petugas meminta bantuan petugas lain	5	180
				Petugas melakukan pengecekan berulang	4	Belum ada	10	120
	Reaksi obat yang memiliki efek samping	petugas menghubungi Apotek dan dokter	4	Keluarga pasien menghubungi petugas	3	Penggantian obat	1	12
Defect di Apotek	Dosis obat yang diberikan tidak sesuai	Petugas menghubungi dokter	4	Pasien mengalami efek samping	3	Penggantian obat	1	12
	Penulisan resep kurang jelas	Petugas menghubungi bangsal	5	Petugas kesulitan menginput data	5	Pengecekan resep oleh petugas Apotek	5	125
Defect di Kasir	Penulisan RM pasien kurang jelas	Petugas menghubungi bangsal	5	Petugas kesulitan menginput data	5	Belum ada	10	250

3.6 Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi perbaikan yang diberikan yaitu:

1. Perekrutan petugas administrasi rawat inap
2. pemberian edukasi oleh pihak manajemen
3. Penambahan alat komunikasi



4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, *waste* yang terjadi di bangsal berupa *waste transportation* yaitu petugas berjalan untuk mengirimkan dokumen, *waste* di apotek berupa *waste waiting* yaitu dokumen pasien pulang dikerjakan sesuai antrian, dan *waste* di kasir *waste defect* yaitu penulisan RM pasien kurang jelas. Dari data yang telah diperoleh, maka dibuat rekomendasi perbaikan yaitu perekrutan petugas administrasi rawat inap, pemberian edukasi oleh pihak manajemen, dan penambahan alat komunikasi.

Penelitian ini diharapkan dapat membantu pihak rumah sakit dalam evaluasi kinerja petugas dan sebagai evaluasi pelayanan yang ada di instalasi rawat inap.

Daftar Pustaka

- Alamsyah., 2015, *Tugas Akhir: Percepatan Pemulangan Pasien Rawat Inap dengan Konsep Lean di Rumah Sakit Masmitra*, Fakultas Kesehatan Masyarakat Program Pascasarjana Universitas Indonesia, Depok.
- Anjaryani, W., D., 2009, *Tugas Akhir: Kepuasan Pasien Rawat Inap Terhadap Pelayanan Perawat di RSUD Tugurejo Semarang*. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- Departemen Kesehatan RI., 2008, *Keputusan Menteri Kesehatan Nomor: 129/Menkes/II/2008 Tentang Standar Pelayanan Minimal Rumah Sakit*, Direktorat Jendral Bina Pelayanan Medik, Jakarta.
- Graban, M., 2009, *Lean Hospitals: Improving Quality, Patient Safety, and Employee Satisfaction*, Taylor & Francis Group, New York.
- Graban, M., 2012, *2nd Edition Lean Hospital : Improving Quality, Patient Safety, and Employee Engagement*, RC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Jackson, T., L., 2012, *Kaizen workshop for lean healthcare*, CRC Press, Boca Raton.
- Purwantara, I., M., 2012, *Tugas Akhir : Sistem Pendukung Keputusan Kelompok Evaluasi Infrastruktur Jalan Raya Terhadap Kemacetan Lalu Lintas Menggunakan Metode Topsis Dan Borda (Studi Kasus Pada Jalan Di Pulau Lombok)*, S2 Ilmu Komputer Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sihombing, N., P., 2014, *Tugas Akhir : Analisis Efisiensi Proses Discharge dan Upaya Peningkatan Efisiensi dengan Pendekatan Lean Six Sigma pada Unit Rawat Inap Rs St. Elisabeth Bekasi Tahun 2014*, Fakultas Kesehatan Masyarakat Program Pascasarjana Universitas Indonesia, Depok.
- Zhu, Y., Lu, Z., & Dai, H., 2014, Improving efficiency and patient satisfaction in peripherally inserted central catheter center using lean-based methodology, *Association For Vascular Acces*, 19, 224-254.



Halaman ini sengaja dikosongkan



M – MANUFAKTUR



Halaman ini sengaja dikosongkan



Aplikasi Teknik Manufaktur Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI) Untuk Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Plastik Berpenguat Serat Abaca (AFRP)

Abubakar¹⁾, Hiroomi Homma²⁾, Indra³⁾

1). Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh,
Kampus Utama - Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara 24536 Telp. 064541373
E-mail : abu.unimal@gmail.com

2), 3) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jl. Almamater No. 10 Telp. 0164541373 Medan

Intisari

Inovasi dalam bidang material komposit menuntut terciptanya material yang lebih ramah lingkungan. Saat ini komposit serat alam (green material) patut dipertimbangkan menjadi material yang sangat berpotensi untuk mensubstitusi komposit serat sintetis sebagai material teknik. Serat alam mempunyai kekurangan dimana mempunyai scatter sifat mekanik yang sangat besar. Salah satu cara untuk mengatasi kekurangan tersebut adalah melalui pemilihan proses manufaktur (fabrikasi) komposit. Tujuan penelitian ini adalah membuat proto type komposit plastik berpenguat serat abaca (AFRP) menggunakan metode Vakum (Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI)). Semua spesimen dilakukan post cure pada suhu 80⁰ C selama 2 jam. Sifat mekanik dari komposit dievaluasi uji tariknya. Komposit AFRP difabrikasi dengan fraksi volume (V_f) : 20%, 30%, 40% serta ukuran spesimen uji (140x5x1) mm. Dengan proses fabrikasi sebagai berikut : 1) Serat abaca disusun dalam cetakan kaca yang memanjang sejajar (0⁰) kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik vakum. 2) Resin di campur hardener dialirkan kedalam cetakan yang sudah kondisi vakum. Metode cetakan ini dapat menghilangkan gelembung udara di dalam komposit sehingga diharapkan kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi. Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah : Serat abaca, Resin BTQN 157-EX, Hardener MEKPO dan Wax. Peralatan yang diperlukan adalah : Instalasi cetak vakum, Alat uji tarik, Kamera digital dan Scanning Electron Microscope (SEM). Penampang patahan diselidiki untuk mengidentifikasi mekanisme perpatahannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan dan regangan tarik komposit memiliki harga optimum untuk (V_f) 40%, yaitu 257 Mpa dan 0.44%. Penampang patahan komposit diklasifikasikan sebagai jenis patah slitting in multiple area. Sehingga dapat disimpulkan bahwa komposit plastik berpenguat serat abaca memiliki potensi yang cukup besar untuk diaplikasikan sebagai material struktural.

Kata Kunci : Serat Abaca, AFRP, Kekuatan tarik, VARI, Scanning Electron Microscope.

1. Pendahuluan

Saat ini, bahan-bahan komposit berpenguat serat sintetis seperti serat kaca, aramid dan serat karbon merupakan pilihan utama untuk material non struktural selain material logam. Meskipun bahan-bahan komposit tersebut menunjukkan sifat mekanik yang baik namun juga menimbulkan pencemaran lingkungan dari aspek produksi dan pasca produksi akibat tidak dapat terurai secara alami/recycling (Mueller dan Krobjilowski, 2003). Menurut Mohanty (2005) memberikan informasi bahwa serat alam mulai dikembangkan kembali pada tahun 1950-an dan berhasil menggantikan serat gelas untuk aplikasi di bidang otomotif. Hal ini disebabkan oleh beberapa keuntungan serat alam dibanding serat sintetis, diantaranya adalah harga lebih murah, densitas



rendah, *biodegradable*, mudah diolah, mengurangi CO₂ dan kekuatan spesifik dapat memenuhi syarat aplikasi. Untuk menyikapi permasalahan tersebut, dewasa ini penggunaan bahan-bahan berpenguat serat alam sudah banyak dalam berbagai bidang non struktural.

Perkembangan penelitian di bidang *biobased material* semakin pesat setelah termotivasi oleh isu *global warming* pada tahun 1997. *Global warming* atau pemanasan global merupakan permasalahan lingkungan internasional yang disebabkan oleh gas rumah kaca. PBB sebagai organisasi dunia telah merespon isu *global warming* ini dengan mengeluarkan Protokol Kyoto, yaitu amandemen terhadap Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang perubahan iklim. Protokol Kyoto pertama kali disampaikan pada 11 Desember 1997 dan berkekuatan hukum secara internasional pada 16 Februari 2005.

Negara-negara yang meratifikasi protokol ini berkomitmen untuk mengurangi emisi dan pengeluaran gas rumah kaca (GRK) yaitu CO₂, CH₄, N₂O, HFCS, PFCS, dan SF₆. GRK dapat dihasilkan oleh kegiatan pembakaran bahan bakar fosil, mulai dari proses pemasakan sampai pembangkit listrik, termasuk proses produksi serat sintetis untuk *filler* komposit. Isu pemanasan global ini juga direspon oleh negara-negara Uni Eropa (EU) dengan memberikan intruksi (*directives*) di bidang otomotif, persampahan dan pengemasan produk. Hal ini mendorong *research* besar-besaran dibidang *green material*.

1.1 Pisang Abaca

Daerah Propinsi Aceh habitat pisang abaca sangat melimpah sebagai plasma nutfah bahkan menjadi gulma yang banyak tumbuh di lingkungan masyarakat, areal perkebunan dan hutan-hutan. Populasi pisang abaca Propinsi Aceh berdasarkan survey yang penulis lakukan meliputi sabuk aceh tamiang sampai aceh besar dengan luas daerah diperkirakan mencapai jutaan hektar. Setelah di ketahui kegunaan dan nilai ekonomi yang sangat tinggi banyak masyarakat mulai membudidayakan pisang ini. Seperti perkebunan pisang abaca (binaan kementerian BUMN) seluas 100 ha yang terdapat di kawasan pegunungan Gampong Suak Buluh, Kecamatan Simeulue Timur yang terletak sekitar 15 kilometer dari Kota Sinabang.



Gambar 1. Tanaman abaca dan produksi serat tradisional

Pemanfaatan utama serat Abaca pada saat ini masih terbatas untuk membuat kain, tali, pembungkus teh celup, pembungkus tembakau, kertas tisu, pembalut wanita (Vijayalakshmi, 2014), sedangkan pemanfaatan untuk material struktural belum dikembangkan secara maksimal. Hasil penelitian tentang serat abaca oleh Satyanarayana (1990), menunjukkan kekuatan tarik yang relatif tinggi 54-754 MPa dan densitas 1350 kg/m³. Permasalahan serat abaca adalah ketersediaan melimpah dengan kekuatan tarik tinggi tetapi pemanfaatan masih terbatas pada material nonstruktural, sehingga diperlukan penelitian tentang pemanfaatan serat abaca sebagai *reinforcement* komposit untuk material struktural.

Tujuan dari penelitian ini adalah : 1). Mengembangkan teknologi pembuatan komposit serat alam dengan memiliki sifat mekanik yang tinggi (nilai koefisien variasi yang kecil). 2). Fabrikasi komponen plat komposit perkuat serat pisang abaca. 3) Mengetahui karakteristik sifat mekanik komposit.

1.2 Metoda Pembuatan Komposit

Komposit adalah suatu material yang terdiri dari campuran atau kombinasi dua atau lebih material baik secara mikro atau makro, dimana sifat material yang tersebut berbeda bentuk dan komposisi kimia dari zat asalnya (Smith, 1996). Pendapat lain mengatakan bahwa komposit adalah sebuah kombinasi material yang berfasa padat yang terdiri dari dua atau lebih material secara skala makroskopik yang mempunyai kualitas lebih baik dari material pembentuknya (Jacob, 1994).

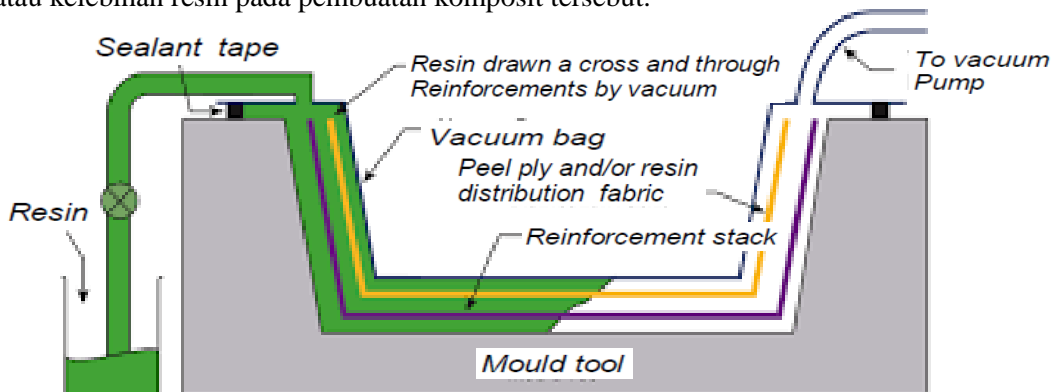
Material komposit merupakan material non logam yang saat ini semakin banyak digunakan mengingat kebutuhan material disamping memprioritaskan sifat mekanik juga dibutuhkan sifat lain yang lebih baik misalnya ringan, tahan korosi dan ramah lingkungan.

Selain itu sifat teknologi merupakan salah satu sifat yang harus dimiliki oleh material komposit tersebut. Dimana sifat teknologi adalah kemampuan material untuk dibentuk atau diproses. Proses pembuatan atau proses produksi dari komposit tersebut merupakan hal yang sangat penting dalam menghasilkan material komposit tersebut. Banyak cara atau metoda yang digunakan untuk menghasilkan material komposit yang diinginkan.

Secara garis besar metoda pembuatan material komposit terdiri dari atas dua cara, yaitu :

1. Proses Cetakan Terbuka (*Open-Mold Process*) terdiri atas : *Hand Lay Up, Vacuum Bag, Pressure Bag, Spray-Up, Filament Winding*.
2. Proses Cetakan Tertutup (*Closed mold Processes*) terdiri atas : Proses Cetakan Tekan, *Injection Molding, Continuous Pultrusion*.

Teknik Vacuum Bag (VARI) adalah salah satu dari metode pembuatan komposit dimana komposit dibuat didalam mould yang tertutup oleh sebuah bag yang ter-seal dengan rapat dan tidak boleh ada kebocoran kemudian *bag* tersebut di *vacuum* oleh motor *vacuum* sehingga terjadi perbedaan tekanan udara antara luar dan dalam *bag* tersebut yang menyebabkan *bag* tersebut akan menekan produk komposit yang akan dibuat dengan merata dan juga akan menarik keluar sisa-sisa atau kelebihan resin pada pembuatan komposit tersebut.



Gambar 2. Teknik Vacuum Bag.

Oleh karena itu penggunaan resin pada pembuatan komposit dengan teknik ini lebih sedikit dibandingkan dengan teknik *hand lay up*, dengan kata lain dalam pemakaian resin, teknik ini lebih efisien dibandingkan dengan menggunakan teknik *hand lay up*.

Dan perlu diingat, berdasarkan hasil dari beberapa pengujian mekanik produk komposit, bagian terlemah dari produk komposit itu ada pada bagian resinnya bukan pada laminate atau matrik penguatnya. Dengan demikian produk komposit dengan Teknik *vacuum bag* memiliki berbagai kelebihan dibandingkan dengan teknik *hand lay up*, yaitu : memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, adhesi yang lebih baik antara lapisan, dan kontrol yang lebih resin/rasio kaca.

1.3 Sifat-Sifat Tarik Komposit

Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan matrik dan penguat/serat. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat (V_f) atau fraksi berat serat (W_f). Namun, formulasi kekuatan komposit lebih banyak menggunakan fraksi volume serat. Menurut (Roe dan Ansel, 1985), fraksi volume serat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_f = \left[V_c - \left(\frac{M_c - M_f}{Q_m} \right) \right] / V_c \quad (1)$$

Menurut Shackelford (1992), Jika selama proses pembuatan komposit diketahui massa serat dan matrik, serta *density* serat dan matrik, maka fraksi volume dan fraksi massa serat dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_f = \frac{W_f / \rho_f}{W_f / \rho_f + W_m / \rho_m} \quad (2)$$

$$W_f = \frac{\rho_f V_f}{\rho_f V_f + \rho_m V_m} \quad (3)$$

Menurut Kaw (1997), Fraksi massa serat pada persamaan 3 dapat disederhanakan menjadi :

$$w_f = \frac{W_f}{W_c} \quad (4)$$

Analisis kekuatan komposit biasanya dilakukan dengan mengasumsikan ikatan serat dan matrik sempurna. Pergeseran antara serat dan matriks dianggap tidak ada dan deformasi serat sama dengan deformasi matrik. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan persamaan :

$$\rho = \frac{P}{A} \quad (5)$$

Regangan dapat dihitung dengan persamaan :

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (6)$$

Berdasarkan kurva uji, modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon} \quad (7)$$

Berdasarkan the *Rule of Mixture* (ROM), kekuatan dan modulus tarik komposit berpenguat serat searah kontinyu dapat dihitung dengan persamaan (Sanadi, et. al, 1986) :

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m V_m \quad (8)$$

$$E_c = V_f E_f + (1 - V_f) E_m \quad (9)$$



2. Metodologi

2.1 Pengadaan serat abaca

Serat Abaca kontinyu diperoleh dari Batang Pisang Abaca yang berasal Desa Alue Papeun Kecamatan Nisam Antara Kabupaten Aceh Utara. Patang pisang dipotong dan diambil kulitnya (pelepah) kemudian direndam dalam air lumpur (metode water retting) untuk mendapatkan seratnya. Serat Abaca yang masih mengandung lignin dan kotoran tersebut dibersihkan dengan menggunakan air. Menurut Diharjo (2013), Serat yang sudah bersih direndam di dalam larutan alkali (5% NaOH) dengan variasi waktu perendaman 2 jam. Selanjutnya serat dinetralkan dari efek NaOH dengan perendaman menggunakan air bersih. Setelah pH rendaman netral ($\text{pH} = 7$), serat ditiriskan hingga kering tanpa sinar matahari dengan kandungan air dibawah 10%.

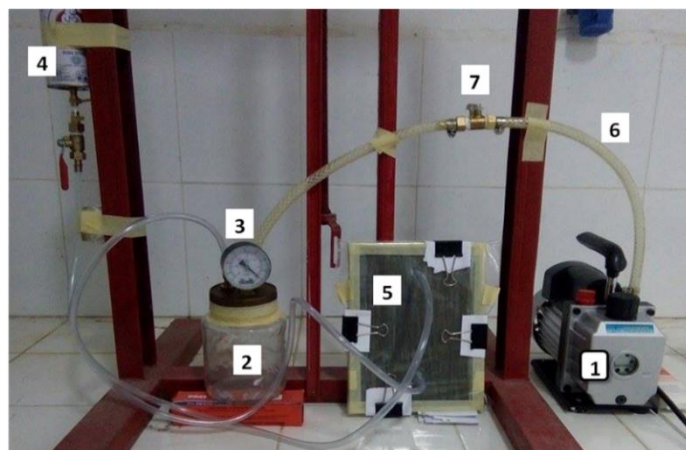


Gambar 3. Serat Abaca

2.2 Pembuatan spesimen uji tarik komposit

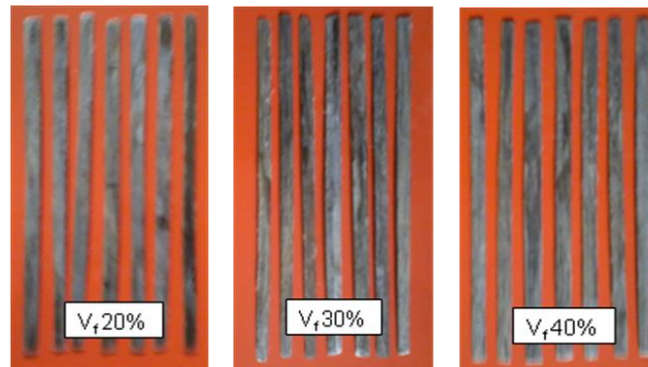
Untuk pembuatan spesimen komposit AFRP diperlukan bahan-bahan yaitu : Serat Abaca, Bahan matrik *Unsaturated Polyester* 157 BQTN-EX, yang disuplai oleh PT. Justus Kimia Raya Medan. *Hardener* yang dipakai adalah MEKPO (*metil etil keton peroksida*) dengan kadar 1%. *Wax* atau *whiteoil* untuk mencegah agar spesimen tidak lengket pada cetakan dan mudah dilepas dari cetakan. Peralatan yang digunakan adalah : Cetakan kaca (*glass moulding*) ukuran (140x100x1)mm, timbangan digital (*digital balance*), oven digital, peralatan metode VARI, mesin uji tarik komposit dengan kapasitas 7,5 kN.

Komposit dibuat dengan metode VARI dengan set up peralatan seperti pada gambar 2.2. Fabrikasi AFRP dalam tiga jenis fraksi volume serat (V_f) yaitu : 20%, 30% dan 40%. Setelah selesai proses fabrikasinya, AFRP dikeluarkan dari cetakan untuk selanjutnya dilakukan proses pemanasan untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap (*curing*) selama 2 jam pada suhu tetap 80°C.



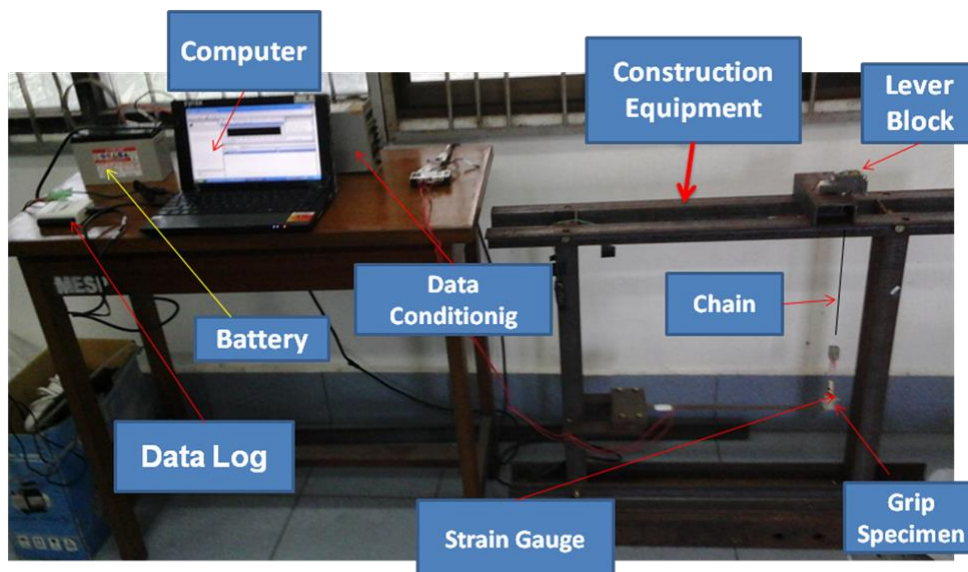
Gambar 4. Set up cetakan vakum

Spesimen uji tarik dibuat dari pelat komposit hasil cetakan, dipotong dengan menggunakan mesin fliers horizontal. Spesimen tersebut dibuat dengan ukuran (14 x 5 x1) mm, sedikit berbeda dengan ukuran rekomendasi dari ASTM. Namun demikian, prinsip utama perhitungan kekutan sama yaitu : gaya di bagi luas permukaan. Efek pemotongan spesimen dieliminasi dengan dihaluskan menggunakan kertas amplas. Bagian spesimen yang akan dicekam mesin uji tarik diberi *tab* dari kertas amplas.



Gambar 5. Spesimen uji tarik komposit AFRP.

Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik dengan kapasitas 7,5 kN. Setiap spesimen uji tarik dipasang dua penjepit (*grip*) yang terhubung dengan batang pembebanan kantilever. Batang cantilever akan menarik *load cell* berupa batang yang terbuat dari bahan kuningan yang dipasang *strain gauge*. Sehingga perpanjangan yang terukur adalah sepanjang *gage length* (100 mm).



Gambar 6. Lay-out Alat uji tarik

Hasil akhir penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk hubungan antara sifat tarik (kekuatan, modulus dan regangan) versus V_f . Penampang patahan dilakukan foto makro untuk menyelidiki perilaku mekanisme perpisahannya.

3. Hasil dan Pembahasan

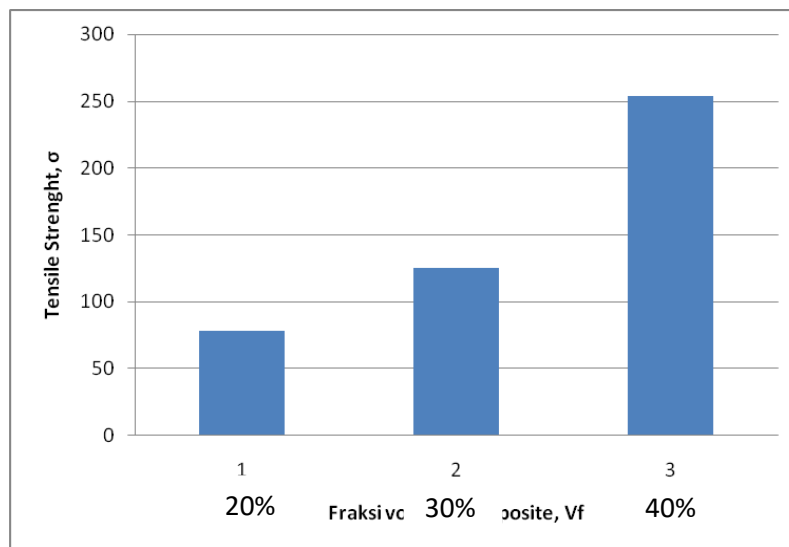
3.1 Sifat Tarik Komposit AFRP

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 1, kekuatan dan regangan tarik yang paling optimum dimiliki oleh bahan komposit AFRP dengan fraksi volume 40%. Modulus elastisitas komposit semakin meningkat seiring dengan penambahan fraksi serat.

Tabel 1. Sifat tarik komposit AFRP.

Fraksi Volume (V_f)	Tegangan Tarik (Mpa)
20%	78
30%	125
40%	254

Komposit AFRP memiliki kekuatan tarik tertinggi pada komposisi 40% V_f perlakuan 5% NaOH serat selama 2 jam, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi 40% V_f tersebut merupakan nilai kekuatan tarik yang paling tinggi (270 Mpa).

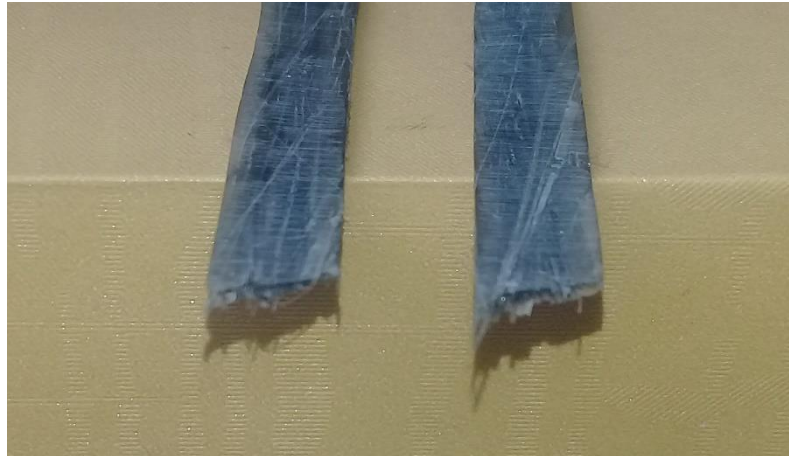


Gambar 7. Histogram tensile strenght vs fraksi volume komposit.

3.2 Penampang Patahan

Mengacu pada standar ASTM D-3039 tentang jenis-jenis patahan, maka patahan komposit AFRP tanpa perlakuan dan dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam, dapat diklasifikasikan sebagai jenis patahan banyak (*splitting in multiple area*), seperti pada Gambar 8, 9 dan 10. Kegagalan terjadi pada area yang luas di permukaan spesimen. Umumnya, komposit yang memiliki patahan jenis ini memiliki kekuatan tarik tinggi. Berdasarkan analisis dari fotomakro maka dapat dikatakan bahwa kompatibilitas ikatan antara serat abaca dan matrik *unsaturated polyester* memiliki ikatan yang baik.





Gambar 8. Patahan Komposit AFRP V_f 20%.



Gambar 9. Patahan Komposit AFRP V_f 30%.



Gambar 10. Patahan Komposit AFRP V_f 40%.

3.3 Komparasi dengan Riset Sebelumnya

Analisis komparasi hasil eksperimen dengan hasil riset sebelumnya yang dihasilkan oleh (Bledzki dkk, 2007) menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit serat abaca Vf 50% menggunakan metode *hand lay up* sebesar 50 Mpa. Perbedaan nilai kekuatan tarik ini dapat dikatakan signifikan. Faktor-faktor lain yang menjadikan ketidakakuratan kekuatan komposit serat kontinyu adalah kesulitan mengatur serat kontinyu tetap lurus selama proses pencetakan. Berdasarkan hasil analisis tersebut di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan serat abaca sebagai penguat bahan komposit memiliki potensi yang cukup besar untuk diaplikasikan sebagai material struktural.

4 Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Metode fabrikasi komposit menggunakan VARI menghasilkan kekuatan tarik yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Hand lay-up* dan *Press Molding*. Metode VARI dapat mereduksi kandungan rongga udara (*air bubble*) dalam komposit.
2. Komposit yang diperkuat serat abaca dengan V_f 40% memiliki kekuatan tarik dan regangan terbesar, yaitu $\sigma = 254,8$ MPa dan $\varepsilon = 0.32\%$.
3. Patahan komposit AFRP dapat diklasifikasikan sebagai jenis patah banyak (*splitting in multiple area*) dan mengindikasikan tanpa adanya *fiber pull out*.

4.2 Saran

Hasil penelitian ini masih perlu perbaikan dan penyempurnaan serta beberapa saran penulis sampaikan :

1. Perlu dikembangkan metode untuk mengatasi kesulitan dalam mengatur serat kontinyu tetap lurus selama proses pencetakan VARI.
2. Serat yang digunakan sebagai penguat komposit masih bercampur antara yang kuat (kualitas baik) dengan yang lemah (kualitas buruk). Untuk mengatasi masalah ini perlu dikembangkan teknik pemisahan serat yang kualitas baik (*development of screening test*) sehingga menghasilkan komposit dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi lagi.

NOTASI

A	=	Luas penampang, mm ²
E	=	Modulus elastisitas, GPa
E _f , E _m	=	Modulus elastisitas serat dan matrik, GPa
M _c , M _f	=	Massa komposit dan serat, kg
L _i	=	Panjang ukur setelah pengujian, mm
L _o	=	Panjang ukur sebelum pengujian, mm
P	=	Beban, N
Q _M	=	Density matrik, gr/cm ³
V _f , w _f	=	Fraksi volume dan berat serat
V _c	=	Volume komposit,
W _f , W _M	=	Massa serat dan matrik
$\Delta\sigma$	=	Selisih tegangan tarik di daerah elastis, MPa
E	=	Regangan
$\Delta\varepsilon$	=	Selisih regangan di daerah elastis
ρ_f , ρ_M	=	Densitas serat dan matrik, gr/cm ³
σ	=	Kekuatan tarik, MPa
σ_f	=	Kekuatan tarik serat, MPa
σ_m	=	Kekuatan tarik matrik, MPa



Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, KEMENRISTEK DIKTI atas bantuan pembiayaan riset Proposal Disertasi Doktor (PDD) dengan kontrak nomor : 072/SP2H/LT/DRPM/IV/2017 tanggal 3 April 2017.

Daftar Pustaka

- Mueller, D. H. and Krobjilowski, A., 2003, *New Discovery in The Properties of Composites Reinforced With Natural Fiber*, Journal of Industrial Textiles, Vol. 33, No. 2-October 2003, pp. 111-130, 2003.
- Mohanty, A.K. et.al., 2005, *Natural Fibers, Biopolymers And Biocomposite : An Introduction*, CRC Press, Taylor and Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, USA.
- Roe P.J. dan Ansel M.P., “*Jute-reinforced polyester Composites*”, UK., *Journal of Materials Science* 20, 1985. pp. 4015-4020.
- Shackelford, *Introduction to Materials science for Engineer*, Third Edition, MacMillan Publishing Company, New York, USA. 1992.
- Kaw A.K., *Mechanics of Composite materials*, CRC Press, New York. 1997.
- Sanadi A. R., Prasad S. V., and Rohatgi P. K., Sunhemp Fibre-Reinforced Polyester, Part 1. Analysis of Tensile and Impact Properties, *Journal of materials Science, Department of Materials Science*, Washington State University, Washington, USA, 1986. pp. 4299-4304.
- Satyanarayana, K. G., et.al., 1990, *Natural Fiber-polymer Composites*, Journal of Cement and Concrete Composites, 12: 117_136.
- Kuncoro Diharjo, 2013, *Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester*, Jurnal Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra <http://www.petra.ac.id/~puslit/journals/dir.php?DepartmentID=MES>.
- ASTM, “*Annual Book of ASTM Standard*”, West Conshohocken, 2003.
- P.Shashi Shankar, et.al., 2013, Mechanical Performance and Analysis of Banana Fiber Reinforced Epoxy Composites, *International Journal of Recent Trends in Mechanical Engineering (IJRTME)* Vol. 1, Issue. 4, Nov. 2013.
- Lakshman, et. al., 2017, *Mechanical Performance and Analysis of Banana Fiber Reinforced Epoxy Composites*, International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET), ISSN 2278 – 0882 Volume 6, Issue 5, May 2017.



Pemanfaatan Minyak Sayur Sebagai Cairan Pendingin Alternatif pada Mesin CNC-MILL 3A

Almadora Anwar Sani, Didi Suryana, Karmin

Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139
Telp: 0711-353414, Fax: 0711-453211
E-mail : almadora@polsri.ac.id

Intisari

Cairan pendingin (coolant) pada mesin CNC-Mill 3A memiliki fungsi sebagai pelumas proses pemotongan benda kerja, mendinginkan benda kerja, membuang beram, melindungi permukaan yang disayat dari korosi, dan memperpanjang umur cutter. Cairan pendingin saat ini susah didapatkan, harganya relatif mahal dan tidak ramah lingkungan. Untuk mengatasi hal tersebut, dicari alternatif cairan pendingin yang murah, mudah didapatkan dan ramah terhadap lingkungan. Cairan pendingin alternatif yang akan digunakan menggunakan minyak sayur. Cairan pendingin ini diharapkan mampu menghasilkan cairan pendingin alternatif yang murah, mudah didapat, ramah lingkungan dan dapat digunakan pada mesin CNC-Mill 3A serta mesin perkakas lainnya. Cairan pendingin menggunakan minyak sayur dengan perbandingan minyak sayur dan air yaitu 1:40. Setelah dilakukan pengujian didapat data nilai kekasaran permukaan. Nilai rata-rata kekasaran dengan nilai 3,048 yang paling halus, pemakanan kedalaman 1,5 mm, feed 200 mm/mt, kecepatan cutter 400 rpm.

Kata Kunci : Minyak Sayur, Cairan Pendingin, Alternatif, CNC-Mill 3A

1. Pendahuluan

Cairan pendingin (*coolant*) pada proses pemesinan CNC Mill memiliki beberapa fungsi yaitu: sebagai pelumas proses *cutting*, mendinginkan benda kerja, membuang beram, melindungi permukaan yang disayat dari korosi, memperpanjang umur *cutter*.

Cairan pendingin memiliki manfaat yang khusus dalam proses pemesinan. Selain untuk memperpanjang umur pahat, cairan pendingin dalam beberapa kasus mampu menurunkan gaya dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Selain itu, cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih/pembawa beram dan melumasi elemen pembimbing (*ways*) mesin perkakas serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi.

Cairan pendingin yang digunakan dikategorikan dalam empat jenis yaitu : *Straight Oils* (Minyak murni), *Soluble Oils*, *Semisynthetic fluids* (Cairan semi sintetis), *Synthetic fluids* (Cairan sintetis). Cairan pendingin yang banyak digunakan pada industri mesin adalah *Soluble Oils*. Konsentrat pada *Soluble Oils* mengandung minyak mineral dasar dan pengemulsi untuk menstabilkan emulsi. Minyak ini digunakan dalam bentuk sudah diencerkan (biasanya konsentrasinya = 3% - 10%) dan unjuk kerja pelumasan dan penghantaran panasnya bagus.

Minyak sawit mempunyai aplikasi yang sangat luas Minyak sawit berpotensi untuk digunakan dalam berbagai aplikasi yang sangat luas dan beragam; baik sebagai pangan, maupun untuk keperluan non pangan. Dalam bidang pangan, minyak sawit banyak digunakan sebagai minyak goreng, *shortening*, *margarin*, *vanaspati*, *cocoa butter substitutes*, dan berbagai *ingridien* pangan lainnya. Aplikasi dalam bidang non-pangan juga terus berkembang (Hariyadi, 2010).

Kendala yang dihadapi untuk memperoleh cairan pendingin biasanya susah didapatkan, harganya relatif mahal dan tidak ramah lingkungan. Dampak yang dialami jika tidak



menggunakan cairan pendingin mengakibatkan permukaan benda kerja menjadi kasar, cutter akan cepat tumpul, mesin bergetar. Untuk mengatasi hal tersebut, dicari alternatif cairan pendingin yang murah, mudah didapatkan dan ramah terhadap lingkungan. Cairan pendingin alternatif yang akan digunakan menggunakan minyak sayur.

Semakin banyak nilai volume minyak didalam air yaitu pada perbandingan emulsi minyak goreng 1:20 menghasilkan nilai konsumsi energi dan kekasaran permukaan paling rendah. Hal ini disebabkan karena perbandingan 1:20 memiliki viskositas cairan paling tinggi yang mengakibatkan penurunan gaya gesek dan gaya potong sehingga konsumsi energi dan kekasaran permukaan menurun (Prayitno, 2015).

Minyak sayur merupakan minyak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan mengandung lemak nabati. Contohnya : minyak kelapa, minyak zaytun, minyak sawit, minyak jagung, minyak kedelai, dll. Untuk membuat cairan pendingin untuk mesin perlu adanya pencampuran antara minyak sayur dengan air.

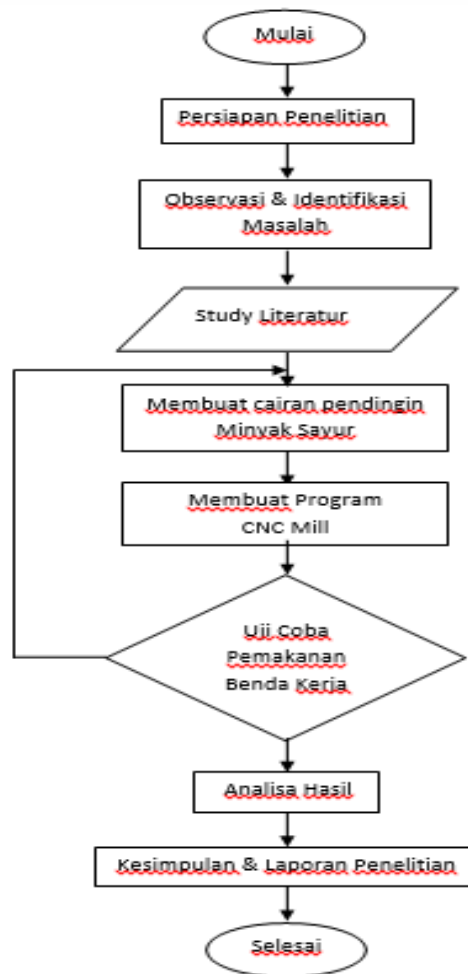


Gambar 1. Mesin CNC MILL 3A

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang akan digunakan meliputi pengamatan, *study literature*, pengambilan sample data dan eksperimental. Urutan penelitian dapat dijelaskan dengan *Flowchart* pada gambar 2 dibawah. Penelitian ini dilaksanakan dalam kurun waktu dua tahun. Pada tahun pertama penelitian fokus pembuatan cairan pendingin alternatif dengan bahan minyak sayur. Pada tahun kedua penelitian ini dititik beratkan pada kegunaan pada industri teknologi mesin perkakas khususnya mesin CNC.





Gambar 2. Flowchart

Langkah-langkah yang dilakukan dalam metode penelitian diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Observasi dan identifikasi masalah mengenai cairan pendingin mesin.
- Mencari dan merumuskan masalah dengan study literature.
- Merencanakan pembuatan cairan pendingin mesin
- Membuat cairan pendingin mesin.
- Uji coba dan eksperimen, yaitu mengaplikasikan cairan pendingin pada benda kerja dengan nama bahan 9SMn36 1.0736 DIN 1651 lalu mencatat parameter (kerataan permukaan) dan korosi yang terjadi.
- Analisa dan Pembahasan.
- Membuat kesimpulan tentang hasil penelitian yang dihasilkan.

Setelah ketersediaan alat dan bahan terpenuhi maka dilakukan pembuatan cairan pendingin dengan mencampurkan air dan minyak sayur dengan perbandingan 1:40. Selanjutnya dilakukan proses pengujian dengan memakan permukaan benda kerja dengan mesin CNC-Mill 3A. Variabel yang akan diuji ditampilkan dalam table 1 dibawah. Parameter Uji *Dept of Cut, Feed Rate, Cutter Speed*.



Tabel 1. Variabel Penelitian

Percobaan	Dept of Cut (mm)	Feed Rate (mm/mnt)	Cutter Speed (Rpm)
I	0,5	100	200
	0,5	200	200
	0,5	300	200
II	1,0	100	300
	1,0	200	300
	1,0	300	300
III	1,5	100	400
	1,5	200	400
	1,5	300	400

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum mengerjakan pemakanan untuk mengambil data penelitian pada benda kerja perlu disiapkan cairan pendingin. Cairan ini menggunakan campuran air dengan minyak sayur dengan perbandingan 40:1. Kemudian cairan ini dimasukkan kedalam bak penampung. Berikutnya memasukkan kode program yang sudah dirancang dengan input program ke kontrol panel Mesin CNC Mill. Lalu lakukan setting mesin, zero point dan simulasi program.



Gambar 3. Cairan Pendingin (*coolant*)

Ada beberapa cara untuk menyatakan kekasaran permukaan. Terutama sekali “penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil” dipergunakan, sesuai perkembangan alat ukur dan persyaratan rencana. Di beberapa Negara dipakai “sepuluh titik ketinggian R_a dari ketidakrataan” atau “ketinggian maksimum R_{max} dari ketidakrataan” secara konvensional. Ketentuan dari tiga macam kekasaran permukaan dan nilai-nilai numeriknya digariskan dalam ISO R 468-1966 (Sato,GT & Sugiarto : 1994)





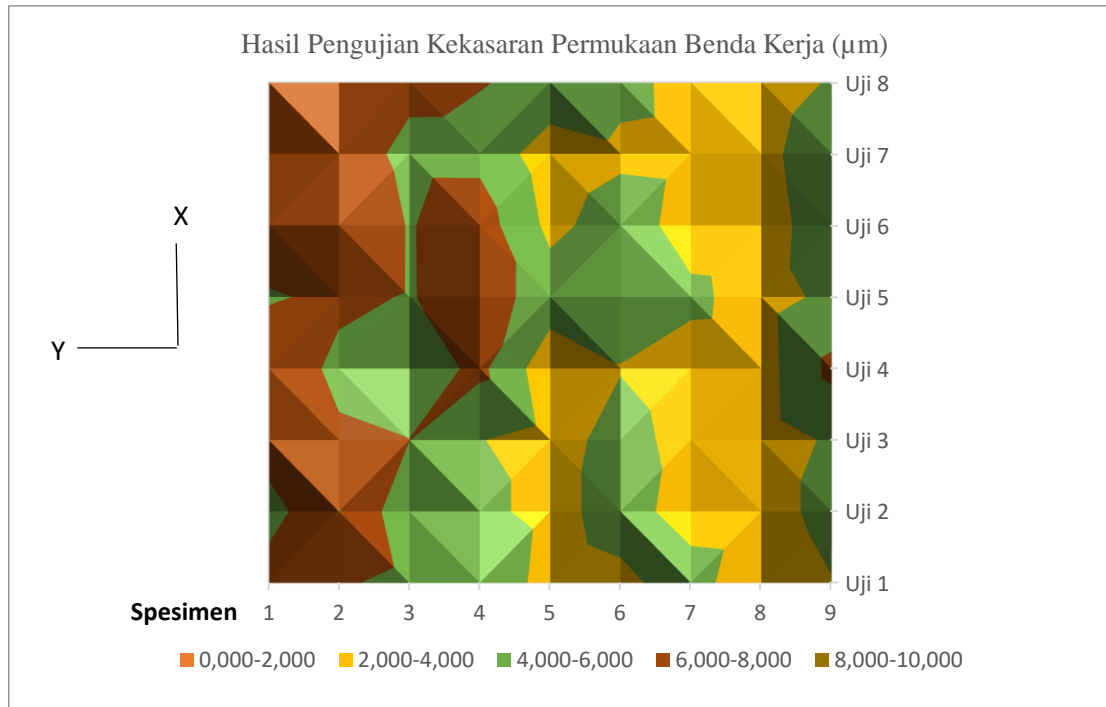
Gambar 4. Hasil Benda kerja yang telah di proses pada CNC Milling dengan menggunakan minyak sayur sebagai cairan pendingin

Table 2. Pengujian Kekasaran Permukaan

		Dept of Cut (mm)	Feed Rate (mm/ mnt)	Cutter Speed (Rpm)	1	2	3	4	5	6	7	8
I	1	0,5	100	200	7,034	5,169	7,078	7,576	5,790	7,471	6,213	6,944
	2	0,5	200	200	6,250	8,054	6,336	5,478	6,439	7,750	7,042	6,058
	3	0,5	300	200	5,437	4,659	6,024	4,808	5,882	5,892	5,492	6,486
II	4	1	100	300	5,923	4,498	4,060	6,468	7,002	7,016	5,482	6,080
	5	1	200	300	3,095	3,378	3,378	2,710	5,048	3,497	2,860	5,614
	6	1	300	300	3,576	4,790	4,551	3,933	4,901	4,940	3,634	4,479
III	7	1,5	100	400	4,844	3,208	3,458	3,237	4,367	3,233	3,484	3,455
	8	1,5	200	400	2,439	3,045	3,047	3,154	3,247	3,115	3,403	2,938
	9	1,5	300	400	3,903	4,742	4,252	6,492	4,438	5,121	5,336	4,180

Dari data diatas dijumlah rata-ratanya, didapat hasil seperti table 3 dibawah. Pada pengujian ke-1 dilakukan tiga pengujian (1,2,3), diambil parameter kedalaman pemakanan 0,5 mm, feed (100, 200, 300), kecepatan putaran *cutter* 200 rpm. Didapat rata-rata kisaran 6,7; 6,7; 5,6. Pada pengujian ke-2 (4,5,6), diambil parameter kedalaman pemakanan 1 mm, feed (100, 200, 300), kecepatan putaran *cutter* 300 rpm. Didapat rata-rata kisarann 5,9; 3,7; 4,3. Pada pengujian ke-3 (7, 8, 9), diambil parameter kedalaman pemakanan 1,5 mm, feed (100, 200, 300), kecepatan putaran *cutter* 400 rpm. Didapat rata-rata kisarann 3,7; 3,0; 4,8.





Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan Benda Kerja

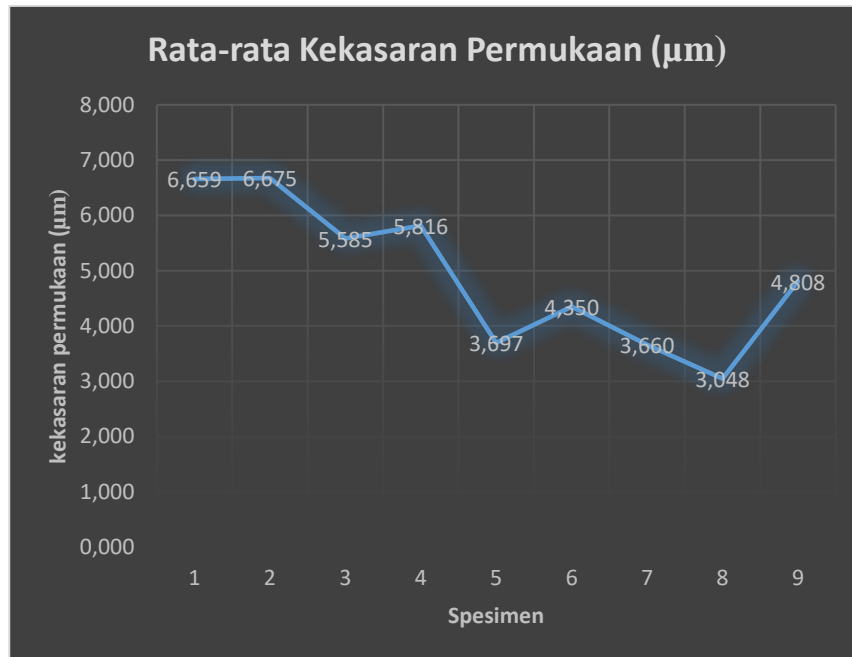
Gambar grafik diatas menunjukkan warna yang bervariasi. Warna kuning menunjukkan kekasaran permukaan benda kerja berada dikisaran nilai Ra 2-4 μm , warna hijau dikisaran nilai Ra 4-6 μm , warna coklat dikisaran nilai Ra 6-8 μm . Dari delapan kali uji coba kekasaran permukaan didapat hasil kekasaran permukaan yang paling halus berada pada spesimen ke 8, dengan gambar grafik berwarna kuning.

Tabel 3. Rata-rata

		Dept of Cut (mm)	Feed Rate (mm/mnt)	Cutter Speed (Rpm)	Rata-rata
I	1	0,5	100	200	6,659
	2	0,5	200	200	6,675
	3	0,5	300	200	5,585
II	4	1	100	300	5,816
	5	1	200	300	3,697
	6	1	300	300	4,350
III	7	1,5	100	400	3,660
	8	1,5	200	400	3,048
	9	1,5	300	400	4,808



Nilai rata-rata kekasaran dengan nilai Ra 3,048 μm yang paling halus, pemakanan kedalaman (*Dept of Cut*) 1,5 mm, feedrate 200 mm/menit, kecepatan cutter 400 rpm. Kekasaran permukaan dipengaruhi oleh cairan pendingin.



Gambar 6. Grafik Rata-Rata kekasaran Permukaan (μm)

4. Kesimpulan dan Saran

Hasil pengujian menunjukkan bila menggunakan cairan pendingin dengan minyak sayur didapat hasil yang bervariasi dari setiap pemakanan kedalaman. Nilai rata-rata kekasaran dengan nilai 3,048 yang paling halus, pemakanan kedalaman 1,5 mm, feed 200 mm/menit, kecepatan cutter 400 rpm. Jadi minyak sayur dapat direkomendasikan untuk dijadikan cairan pendingin alternatif. Penelitian ini masih jauh dari sempurna dan masih dapat dikembangkan menjadi lebih baik.

Daftar Pustaka

- Beumer, B.J.M., 1994, "*Ilmu Bahan Logam*", Bhratara, Jakarta.
- Chang-Xue, 2012, "*Surface Roughness Predictive Modeling : Neural Network versus Regression*". Departemen of Industrial & Manufacture Engineering, College of Engineering and Technology Bradley University : Illinois USA.
- Ganjar, S., 2012, "*Pemrograman CNC & Aplikasi di Dunia Industri*", Informatika, Bandung.
- Hariyadi, P., 2010, "*Sepuluh Karakter Unggul Minyak Sawit*". Artikel, Infosawit Oktober 2010.
- Prayitno, L., A., 2015, "*Pengaruh Variasi Campuran Cairan Pendingin terhadap Konsumsi Energi dan Kekasaran Permukaan Al 6061 pada Proses Bubut Kasar*", akses online 18 April 2016, <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/66660>.
- Sato, G.T, & Sugiarto, 1994, "*Mechanical Drawing to ISO Standards*", Pradnya Paramita, Jakarta.



- Sepriyanto, D., 2013, “*Pengaruh Parameter Pemesinan terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja pada Mesin Type Edu VR1-Mill*”, Austenit Volume 5 No. 1 hal 1-11, ISSN : 2085-1286, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Yunus, M., Ginting, Karmin, 2013, “*Pengaruh Cutter Speed, Feed Rate dan Dept of Cut pada Proses CNC Milling terhadap Nilai Kekasaran Baja AISI 1045 Berbasis Regresi Linear*”, Austenit Volume 5 No. 1 hal 55-61, ISSN : 2085-1286, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.



Analisis *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dalam Menekan *Losses* pada Area *Channel 10* PT. SKF Indonesia

Ariana Mustikasari, I Wayan Suletra

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Insinyur Sutami, Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57126
Telp. (0271) 662118
E-mail: arianatika5@gmail.com

Intisari

PT.SKF Indonesia adalah industri manufaktur penghasil bearing di Indonesia, dimana PT.SKF Indonesia selalu melakukan improvement atas losses yang terjadi pada tiap channel. Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan alat pengukuran performa proses produksi yang digunakan oleh PT. SKF Indonesia untuk mengukur bermacam-macam losses produksi dan mengidentifikasi potensi improvementnya. Dalam pengukuran OEE terdapat tiga faktor penting yang mempengaruhinya, yaitu availability rate, performance rate, dan quality rate. Nilai standar dari ketiga faktor tersebut berturut-turut adalah 90%, 95%, dan 99%. Sedangkan untuk standar global dari nilai OEE adalah 85%. Data pengukuran pada channel 10 menunjukkan bahwa besaran nilai dari availability rate adalah 91.43%, performance rate sebesar 90.52%, quality rate sebesar 98.8%, dan OEE sebesar 81.76%. Penyebab belum optimalnya nilai OEE pada channel 10 dikaji lebih dalam dengan mengidentifikasi seven big losses dimana losses tertinggi disebabkan oleh process adjustment hal ini disebabkan karena banyaknya time losses yang terjadi berhubungan dengan tingkat kualitas bearing seperti bore yang kasar, size unstable, clearance yang kacau dll.

Kata Kunci: OEE, Seven Big losses, Improvement

1. Pendahuluan

PT. SKF Indonesia adalah salah satu perusahaan manufaktur di Indonesia yang memproduksi *sparepart* kendaraan bermotor yaitu *bearing*. PT. SKF Indonesia berdiri pada Januari 1986 yang mulanya bernama PT. Logam Sari Bearindo yang beralamat di Jl. Tipar - Inspeksi Cakung Drain, Jakarta – Indonesia, 13910.

PT. SKF Indonesia memiliki 12 *channel* produksi dimana setiap *channel* terdiri dari beberapa mesin dan setiap *channel* memproduksi tipe *bearing* yang berbeda. Oleh karena itu tingkat performansi setiap *channel* sangat mempengaruhi tingkat produktivitas PT. SKF Indonesia. Dalam hal untuk mengetahui tingkat efektivitas dan performa pada sebuah *channel* produksi, PT.SKF Indonesia menerapkan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan alat pengukuran performa proses produksi yang dapat mengukur bermacam-macam *losses* produksi dan mengidentifikasi potensi *improvement*. OEE adalah sebuah metode yang telah diterima oleh *universal* untuk mengukur *level* sebuah perusahaan dan potensi *improvement* dari sebuah proses produksi. Menurut Nakajima (1989) bahwa standar kelas dunia untuk nilai OEE adalah sebesar 85% dengan standar nilai *availability* 90%, nilai *performance rate* 95%, dan nilai *quality rate* 99,9%. Pengukuran OEE pada *channel* PT. SKF Indonesia dapat mengetahui posisi *channel*



perusahaan dari standar kelas dunia dan kondisi perusahaan yang di kategorikan dalam 3 komponen OEE yaitu *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate*.

2. Metodologi

Tahap pertama yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini adalah mengumpulkan data *time losses* pada *channel 10*. Pengumpulan data untuk pengolahan OEE *channel 10* diperoleh dari periode bulan Januari. Data yang dibutuhkan merupakan data *availability* yang terdiri dari data *down time*, *resetting loss*, *tooling loss*, *missing resource*, untuk data *performance* terdiri dari data *process adjustment*, *speed loss* and *minor stops* serta data *quality* terdiri dari data *scrap* dan *rework*. Data-data tersebut berasal dari laporan harian operator (*logbook*) dari *channel 10*.

Selanjutnya adalah tahap pengolahan dan analisis data, dimana dari data-data yang sudah didapatkan diolah sehingga akan mendapatkan nilai OEE *channel 10*. Pengolahan data ini terdiri dari dari perhitungan nilai *availability*, nilai *performance* dan nilai *quality*, sehingga dari ketiga nilai tersebut akan diketahui nilai OEE *channel 10*. Setelah mengetahui nilai OEE *channel 10* maka selanjutnya dilakukan identifikasi *seven big losses* menggunakan diagram pareto yang bertujuan untuk mengetahui *losses* tertinggi yang mempengaruhi nilai OEE *channel 10*. Kemudian setelah melakukan pengolahan data lalu melakukan analisis dan diinterpretasikan hasilnya.

Tahapan terakhir yaitu menarik kesimpulan dan saran berdasarkan pelaksanaan penelitian. Kesimpulan merupakan tahap akhir dari penelitian yang berisi kesimpulan dari keseluruhan hasil penelitian yang berdasarkan data dan analisis yang telah dilakukan, sedangkan saran merupakan masukan yang diharapkan berguna bagi perusahaan maupun untuk penelitian selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengumpulan Data

3.1.1 Data Availability

Data *availability* yang terdiri dari data *down time*, *resetting loss*, *tooling loss*, *missing resource*. Data tersebut merupakan data perhari pada bulan Januari 2017 yang diambil pada setiap mesin yang berada di *channel 10* dengan total *loss* yaitu 55.25 jam dengan rincian *down time* sebesar 25.42 jam, *resetting loss* sebesar 0 jam, *tooling loss* sebesar 26.83 jam dan *missing resource* sebesar 3 jam, berikut merupakan contoh rekap data *availability* periode Januari 2017

Tabel 1 Contoh Rekap Data Availability Januari 2017

Date	Machine	Problem	DT (min)	Resetting (min)	Tooling (min)	Miss. Source (min)
1/2/2017	All machine off	Warming up	60			
	Izumi OR 1	Pusher error	60			
	Izumi IR 1	Error	30			
	Flexlink IR 2	Keluar jalur				
	Rabbit bore 2	Setting ulang		120		
	Carryline bore 2	Broken				
1/3/2017	Carryline bore 2	Broken				
	Bore 2	Taper				
	Auidmea 2	Plug gauge error			360	
	Carryline bore 1	Broken				
	Auidmea 2	Setting ulang				



3.1.2 Data Performance

Data *performance* adalah data yang terdiri dari data *process adjustment* serta *speed loss and minor stops*. Data tersebut merupakan data perhari pada bulan Januari 2017 yang diambil pada setiap mesin yang berada di *channel 10* dengan total *loss* yaitu 55.92 jam dengan rincian *process adjustment* sebesar 35.25 jam dan *speed loss and minor stops* sebesar 20.67 jam, berikut merupakan contoh rekap data *performance* periode Januari 2017

Tabel 2 Contoh Rekap Data *Performance* Januari 2017

Date	Machine	Problem	Proc. Adj (min)	Speed loss. Minor stop TH (min)
1/2/2017	All machine off	Warming up		
	Izumi OR 1	Pusher error		
	Izumi IR 1	Error		
	Flexlink IR 2	Keluar jalur		60
	Rabbit bore 2	Setting ulang		
	Carryline bore 2	Broken		270

3.1.3 Data Quality

Data *quality* adalah data yang terdiri dari data *scrap* dan *rework*. Data tersebut merupakan data perhari pada bulan Januari 2017 yang diambil pada setiap mesin yang berada di *channel 10*. *Channel 10* merupakan *channel* yang memproduksi *bearing* tipe 6201, dimana tipe 6201 memiliki beberapa varian diantaranya seperti BB1-0885 D, BB1-0885 E, IR-6201 ALS, OR-6201 A-2RS ataupun OR-6204/D8 (3S). Dimana sebagai contoh untuk variant OR-6201 A-2RS adalah tipe *bearing* 6201 dengan 2 tutup rubbershield sedangkan OR-6204/D8 (3S) adalah tipe *bearing* 6201 dengan material yang berbeda, berikut merupakan rekap data *quality* periode Januari 2017.

a. Scrap

Tabel 3 Rekap data *scrap* periode Januari 2017

SCRAP CHANNEL 10			
TYPE	BEARING	IR	OR
6201	1356		
BB1-0885 D	199		
BB1-0885 E	4		
IR-6201 ALS		6343	
OR-6201 A-2RS			829
OR-6204/D8 (3S)			7
TOTAL	1559	6343	836

b. Rework

Untuk rekap data *rework channel 10* pada periode bulan Januari adalah 304. *Rework* pada *channel 10* ini termasuk dalam kategori rendah dibandingkan *channel* yang lainnya, karena seluruh *bearing* yang *rework* dapat dikerjakan kembali dan dapat dijual tanpa mengurangi kualitas *bearing* itu sendiri meskipun menambah biaya untuk pengerjaan tersebut.



3.2 Pengolahan Data

3.2.1 Perhitungan Availability

Berikut ini adalah perhitungan *availability hours* dan *availability rate* pada channel 10 PT. SKF Indonesia periode Januari 2017. *Availability* merupakan ketersediaan waktu untuk kegiatan produksi oleh mesin.

Perhitungan *Availability* :

- Waktu rata-rata : 21.51 jam/hari
- *Schedule hours* : $30 \times 21.5 = 645.3$ jam
 - o *Down Time* : 25.42 jam
 - o *Resetting* : 0 jam
 - o *Tooling* : 26.83 jam
 - o *Miss. Source* : 3 jam
- Total : 55.25 jam

$$\text{Available hours} = \text{Schedule hours} - 55.25 \text{ jam} = 645.3 - 55.25 = 590.05 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned}\text{Available rate} &= \frac{\text{Available hours}}{\text{Schedule hours}} \times 100\% \\ &= \frac{590.05}{645.3} \times 100\% \\ &= 91.43 \%\end{aligned}$$

3.2.2 Perhitungan Performance

Berikut adalah perhitungan *performance hours* dan *performance rate* pada channel 10 PT. SKF Indonesia periode Januari 2017. *Performance* dalam perhitungan OEE pada channel 10 ini dimaksudkan adalah waktu yang digunakan dalam pembuatan bearing tanpa ada process adjustment serta speed loss and minor stops.

Perhitungan *performance* :

- *Process Adj.* : 35.25 jam
- *Speed loss. Minor stop TH* : 20.67 jam
- Total : 55.92 jam
- *Performance Hours* : $\text{Available hours} - 55.92 \text{ jam} = 590.05 - 55.92 = 534.13 \text{ jam}$
- *Performance rate* = $\frac{\text{Perf.hours}}{\text{Available hours}} \times 100\%$
$$= \frac{534.13}{590.05} \times 100\%$$
$$= 90.52 \%$$

3.2.3 Perhitungan Quality

Berikut adalah perhitungan *quality hours* dan *quality rate* pada channel 10 PT. SKF Indonesia periode Januari 2017. *Quality* yang dimaksud dalam OEE ini adalah waktu channel 10 memproduksi bearing tanpa scrap maupun rework.

Perhitungan *quality*:

- *Rework* : 340
- *Scrap*
 - o *Bearing* : 1559
 - o *OR + IR* : $\frac{6343+836}{2} = 3589.5$



- Total : $340 + 1559 + 3589.5 = 5488.5$
- $Rework + Scrap = 5488.5 \times 4.2 \text{ s} = 23051.7 \text{ s} = 6.4 \text{ jam}$
- $Effective\ hours = Perf.\ hours - 6.4 \text{ jam} = 534.13 \text{ jam} - 6.4 \text{ jam} = 527.73 \text{ jam}$
- $Effective\ rate = \frac{Effective\ hours}{Perf.\ hours} \times 100\%$
 $= \frac{527.73}{534.13} \times 100\%$
 $= 98.80 \%$

3.2.4 Perhitungan OEE

Berikut adalah perhitungan OEE pada channel 10 PT. SKF Indonesia periode Januari 2017.
Perhitungan OEE :

$$OEE = Available\ rate \times Performance\ Rate \times Effective\ rate$$
$$= 91.43\% \times 90.52\% \times 98.80\% = 81.76\%$$

Dari hasil perhitungan OEE diatas diketahui bahwa nilai OEE channel 10 adalah 81.76% dimana nilai OEE ini masih dibawah world class standar yaitu sebesar 85%. Dari ketiga presentase yang mempengaruhi OEE, presentase performansi adalah yang paling rendah yaitu hanya 90.52% dimana jika ingin nilai OEE mencapai 85% minimal presentase performansi adalah 95%. Presentase quality juga kurang memenuhi world class standar dimana seharusnya presentase quality 99%. Faktor utama yang menyebabkan belum tercapainya standar world class OEE dikarenakan masih rendahnya nilai availability, performance dan quality. Pada channel 10 ini nilai performance merupakan nilai yang paling rendah dibanding nilai-nilai lainnya dimana yang menyebabkan nilai performance tersebut paling rendah salah satunya adalah faktor process adjustment dimana faktor tersebut mempunyai time losses paling tinggi. Process adjustment memiliki presentase tertinggi dari faktor-faktor lainnya yaitu sebesar 29.98%. Process adjustment ini banyak disebabkan karena penyesuaian dan setup ulang pada mesin-mesin oleh operator.

3.2.5 Seven Big losses

Dari nilai OEE diatas maka dilakukan identifikasi lebih lanjut terhadap losses- losses yang menyebabkan nilai OEE masih dibawah world class standar, sehingga dapat dilakukan improvement kedepannya pada losses tertinggi. Berikut ini adalah rekap data “Seven Big losses” yang terjadi pada channel 10 PT. SKF Indonesia periode Januari 2017.

Tabel 4 Rekap data Seven Big losses

7 Big Losses	Total Time Losses (hours)	Presentase Time Loss
Process Adjustment	35.25	29.98%
Tooling Loss	26.83	22.82%
Down Time	25.42	21.62%
Speed Loss and Minor Stops	20.67	17.58%
Scrap & Rework	6.4	5.44%
Missing Resource	3	2.55%
Resetting Loss	0	0.00%



Gambar 1 Diagram Pareto 7 Big losses

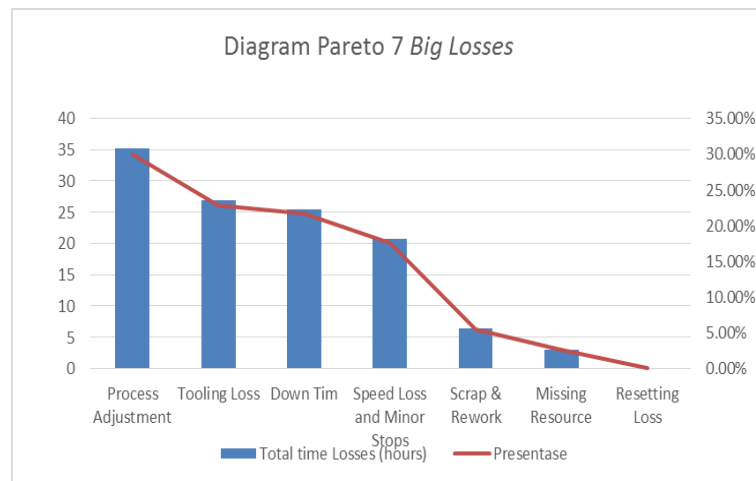


Diagram pareto merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang paling penting untuk segera diselesaikan (ranking tertinggi).

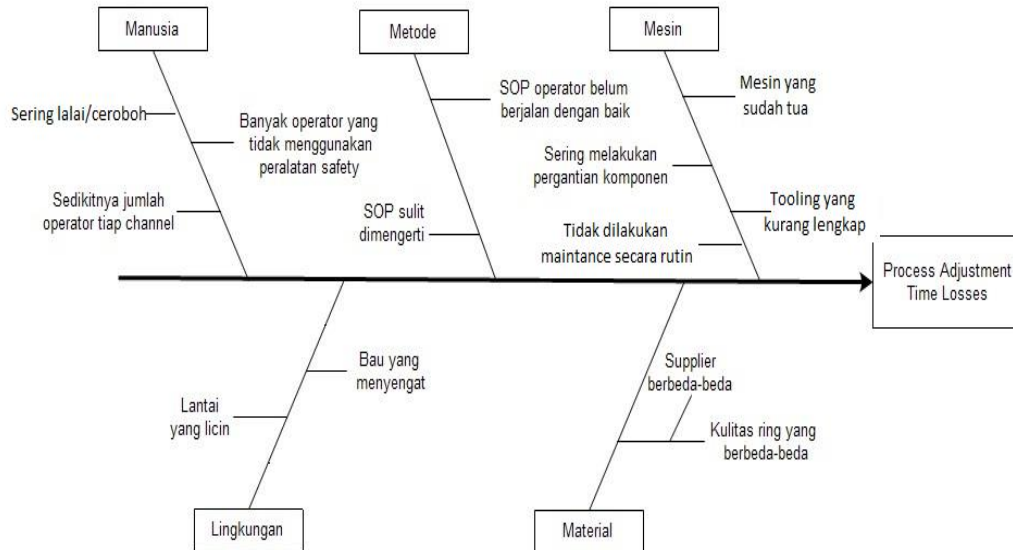
Gambar 1 merupakan diagram pareto 7 big losses channel 10 pada bulan Januari 2017 dimana losses terbesar disebabkan oleh process adjustment dengan total time losses pada bulan Januari 2017 adalah 35.25 hours. Kemudian untuk losses terbesar kedua adalah tooling loss dengan total time losses adalah 26.83 hours. Selanjutnya adalah down time dengan total time losses adalah 25.42 hours. Dan untuk speed loss and minor stop pada urutan ketiga dari yang tertinggi dengan total time losses adalah 20.67 hours. Kemudian untuk scrap and rework memiliki total time losses sebesar 6.4 hours, sedangkan untuk missing resource memiliki total time losses sebesar 3 hours. Untuk losses terkecil adalah resetting tool, yaitu memiliki total time losses sebesar 0 hours.

3.3 Analisis Seven Big losses

Pada tabel 4 dan diagram pareto 7 big losses diketahui bahwa big loss tertinggi adalah process adjustment. Process adjustment adalah time losses yang berhubungan dengan tingkat kualitas bearing seperti bore yang kasar, size unstable, clearance yang kacau dll. Pada channel 10 masalah process adjustment yang sering muncul adalah bore yang kasar sehingga harus diproses ulang hal ini biasanya dikarenakan setting mesin yang salah sehingga berpengaruh pada kualitas bearing tersebut.



Gambar 2 *Fisbone* Diagram



Gambar diatas menjelaskan mengenai fishbone yang menggambarkan garis dan simbol-simbol yang menunjukkan hubungan antara akibat dan penyebab suatu masalah. Berdasarkan tabel 4 bahwa 7 *big losses* yang paling dominan pada *channel 10* adalah kerugian karena *process adjustment time losses*. Maka dari itu *fishbone* diagram ini menganalisis penyebab dari *process adjustment time losses*.

Dari hasil wawancara penulis dengan operator yang berada di *channel 10* serta laporan harian pada *logbook channel 10* dari sisi lingkungan bahwa kondisi lantai pada *channel 10* terkadang terlalu licin, hal ini diakibatkan karena ciprataan air *coolant* maupun pelumas pada mesin-mesin di *channel 10*. Sirkulasi udara pada *channel 10* juga kurang baik sehingga pada *channel 10* tercium bau *coolant* maupun pelumas yang sangat menyengat sehingga tidak baik untuk kesehatan operator.

Dari sisi material bahwa *ring* yang merupakan komponen dasar *bearing* berasal dari beberapa *supplier* yang berbeda-beda. Dari hasil wawancara dengan operator di *channel 10* menerangkan bahwa terkadang kualitas *ring* berbeda-beda dari setiap *supplier* hal ini terkadang menyebabkan kualitas *bearing* berbeda-beda dan terkadang harus melakukan *rework* serta dapat membuat mesin *error*.

Dari sisi manusia yang menyebabkan *process adjustment* tinggi pada *channel 10* yaitu terkadang banyak operator yang kurang fokus saat bekerja yang dimaksud kurang fokus bahwa operator saat bekerja seringkali terlihat mengobrol dan bercanda dengan operator lain. Dari hasil pengamatan di *channel 10* bahwa jumlah operator pada *channel 10* terlalu sedikit sehingga tidak sebanding dengan jumlah mesin yang ada. Selain itu masih banyak operator yang terlihat tidak menggunakan peralatan K3 dengan benar.

Dari sisi metode yang membuat *process adjustment* tinggi bahwa terkadang operator bekerja tidak sesuai SOP yang ada, dari hasil wawancara langsung dengan operator di *channel 10* bahwa operator seringkali tidak membaca SOP yang ada karena penyampaian SOP yang sulit dipahami oleh operator, sehingga mereka hanya melakukan apa yang sudah mereka lakukan dari sejak awal bekerja di PT.SKF Indonesia.

Dari sisi mesin yang membuat *process adjustment time losses* tinggi bahwa seringkali setting mesin tidak benar sehingga harus dilakukan setting ulang. Komponen dari mesin juga seringkali aus sehingga sering harus melakukan pergantian komponen dimana frekuensi pergantian komponen ini

sering sehingga menghambat proses produksi. Peralatan yang berada di *channel* 10 seringkali setelah dipakai tidak langsung dibersihkan sehingga peralatan dibiarkan kotor dan dapat mempengaruhi keawetan peralatan tersebut. *Maintenance* dasar yang dapat dilakukan agar dapat mencegah kerusakan pada mesin adalah kemampuan menjalankan mesin secara benar, membersihkan mesin secara teratur, mengetahui jenis inspeksi yang harus dilakukan pada mesin dan paham kriterianya, mampu memberi pelumasan pada bagian tertentu dari mesin, memeriksa bagian yang rawan terhadap kendor, dan mampu melakukan pengencangan sendiri, melakukan *startup* mesin dan *shut down* mesin dengan benar, mampu melakukan *changeover*, melakukan pengukuran sendiri terhadap mesin, dan hal-hal lain yang bersifat pencegahan terhadap kerusakan mesin.

4 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, dapat diketahui bahwa nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) *channel* 10 periode Januari 2017 yaitu 81.76% dimana masih dibawah - *standart world class* yaitu 85%. Sehingga dinilai *channel* 10 memiliki keefektifan dan performansi yang kurang.
2. Berdasarkan data dan analisis 7 *big losses* diketahui *losses* yang mempengaruhi rendahnya nilai OEE adalah *process adjustment loss*. *Process adjustment loss* adalah *time losses* yang berhubungan dengan tingkat kualitas *bearing* seperti *bore* yang kasar, *size unstable*, *clereance* yang kacau dll.
3. Upaya kebijakan perawatan dan perbaikan untuk meningkatkan efektivitas mesin produksi yaitu dengan melakukan *maintenance* rutin pada setiap mesin pada *channel* 10 tanpa menunggu adanya kerusakan pada mesin tersebut. Selain itu tidak memaksakan kapasitas mesin, apabila ingin menambah kapasitas produksinya juga harus dilakukan *upgrade* mesin & peralatan penunjangnya agar beban mesin tidak berat.
4. Dari hasil analisa bab sebelumnya bahwa *time losses* pada *process adjustment* adalah yang paling tinggi, oleh karena itu *improvement* lebih difokuskan pada mesin-mesin yang sangat berhubungan pada kualitas *bearing* itu sendiri seperti pada mesin *bore*, *auidmea* maupun *izumi*. Selain itu *improvement* juga dilakukan pada menghilangkan mesin *idle* karena *idle minor stoppages*, mesin jalan dengan kecepatan dibawah kecepatan normal, *idle* karena ketidak tersediaan *manpower*, *idle* karena ruangan tidak memenuhi spesifikasi, atau *idle* karena keterlambatan jadwal (WIP terlambat).

Saran perbaikan yang dapat diberikan untuk PT. SKF Indoneisa yaitu antara lain :

1. Dilakukan *maintanance* mesin secara rutin pada tiap *channel*.
2. Menjalankan SOP dengan benar dan meningkatkan kesadaran operator lapangan dengan memperketat pengawasan, meningkatkan fokus operator dan memberikan pelatihan pengendalian instrumen. Melakukan pola pengoperasian yang aman.
3. Melakukan penambahan operator, karena kondisi saat ini setiap *shift* hanya ada 3 operator untuk menangani tiap *channel* dengan jumlah mesin yang tidak sebanding dengan operator.

Daftar Pustaka

Dwiki, Tofiq D, 2016, Laporan Kerja Praktek: *Analisis Overall Equipment Effectiveness Dalam Meminimalisasi Six Big losses Pada Area Kiln. Studi Kasus pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban*, Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret., Surakarta.



- Nakajima, Seiichi., 1989, *TPM Development Program : Implementing Total Productive Maintenance*, Cambridge : Productivity Press, Inc.
- Patrik, Jonsson., Magnus, Lesshammar., 1999, Evaluation and *Improvement of Manufacturing Performance Measurement Systems - the role of OEE*, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19 Issue: 1 pp.55-78.
- Pintelon, Liliane., Muchiri, Peter., 2006, *Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion*, *International Journal of Production Research*, hal 1-45.
- Wijaya, et *al.*, 2015, Pengukuran Overall Equipment Effectiveness (OEE) di PT Astra Otoparts Tbk. Divisi Adiwira Plastik, *Jurnal Titra*, Vol 3 pp 41-48



Seleksi Inokulum Untuk *Start-Up Double Stage Anaerobic Digester* Pada Proses Produksi Biogas Dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME)

Dian Fitriani Astiti, Sri Ismiyati Damayanti, Wiratni Budhijanto

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jalan Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281

Telp. +62-274-513665

E-mail : wiratni@ugm.ac.id

Intisari

Indonesia merupakan salah satu penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia dengan total produksi mencapai 29,3 juta ton/tahun dengan luas area perkebunan 10,7 juta hektar. Tiap ton pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) akan menghasilkan sekitar 2,4 hingga 3,7 ton limbah cair atau Palm Oil Mill Effluent POME. POME merupakan limbah cair yang memiliki kandungan organik tinggi (79.723 mg COD/L) yang sangat berpotensi menghasilkan biogas dengan proses anaerob. Salah satu jenis reaktor yang dapat digunakan untuk menguraikan POME menjadi biogas adalah double stage anaerobic digester. Double stage anaerobic digester yaitu penggunaan 2 buah digester anaerobik yang disusun secara seri dimana reaktor pertama merupakan tempat terjadinya proses asidogenesis yaitu proses konversi sCOD menjadi VFA (Hasnain, Universiti, Petronas, & Seri, 1993) dan reaktor kedua sebagai tempat terjadinya proses metanogenesis yaitu proses konversi asam asetat menjadi CH₄ dan CO₂. Penambahan inokulum sebagai sumber bakteri dapat memberikan hasil yang optimal dalam pengolahan substrat menjadi produk. Penambahan inokulum pada anaerobic digester dinilai lebih efektif menurunkan kandungan COD dalam substrat dan meningkatkan kadar metana sehingga proses start-up bisa dapat berjalan lebih cepat (Ahmad, Ismail, Ibrahim, & Bhatia, 2003). Penelitian ini dilakukan untuk mencari inokulum yang tepat untuk digunakan saat start-up pada masing-masing stage di double stage anaerobic digester dengan menggunakan metode activity miroorganism test. Activity miroorganism test adalah metode pengujian yang bertujuan untuk mengetahui aktivitas bakteri dalam inokulum terhadap substrat ideal. Activity miroorganism test ini dilakukan untuk membandingkan performa 2 inokulum yaitu effluent aktif limbah biodiesel dan effluent aktif kotoran sapi. Reaktor dijalankan dengan sistem batch selama 14 hari. Glukosa 1,5 gr/L digunakan sebagai substrat ideal pada acidogenic activity test dan Volatile Fatty Acid (VFA) yaitu asam asetat, asam propionat dan asam butirat masing-masing 2; 0,5; 0,5 gr/L sebagai substrat ideal pada methanogenic activity test. Hasil penelitian acidogenic activity test menunjukkan bahwa persentase sCOD removal menggunakan effluent biodiesel mencapai 94,62 % dan dengan effluent kotoran sapi hanya mencapai 12,65%. Sementara hasil penelitian methanogenic activity test menunjukkan bahwa produksi gas metana tertinggi yang dapat dicapai dengan effluent kotoran yaitu 99,16 ml sedangkan dengan effluent biodiesel hanya 26,67 ml.

Kata kunci : Peruraian anaerobik, kotoran sapi, limbah biodiesel, palm oil mill effluent (POME)



1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Limbah hasil proses pengolahan minyak kelapa sawit atau *Palm Oil Mill Effluent* (POME) akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan produksi minyak kelapa sawit. Tiap ton proses pengolahan tandan buah segar akan menghasilkan sekitar 0,6 hingga 0,87 m³ POME atau sekitar 2,4 hingga 3,7 ton POME tiap ton produksi minyak kelapa sawit (Trisakti, *et al.* 2015).

POME merupakan limbah cair yang memiliki konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 79.723 mg/L, 17.410 mg/L minyak dan lemak, 2.287 mg/L asam lemak volatil, dan pH 4,8 (Yejian, *et al.* 2014).

POME dapat dimanfaatkan sebagai substrat untuk memproduksi biogas dengan proses peruraian anaerobik. Selain mengurangi polutan dalam POME, biogas yang dihasilkan juga dapat digunakan sebagai energi alternatif yang dapat digunakan untuk bahan bakar ataupun pembangkit listrik.

Salah satu inovasi baru ditengah penggunaan kolam terbuka sebagai sistem pengolah POME konvensional adalah dengan penggunaan *double stage anaerobic digester*. *Double stage anaerobic digester* yaitu penggunaan 2 buah digester anaerobik yang disusun secara seri dimana reaktor pertama sebagai tempat terjadinya proses asidogenesis dan reaktor kedua sebagai tempat terjadinya proses metanogenesis. Pemisahan kedua proses pada *double stage* bertujuan untuk menurunkan tingkat kegagalan proses akibat dari perubahan pH. Pada proses asidogenesis menghasilkan VFA yang akan menghasilkan kondisi asam. Kondisi tersebut sangat cocok untuk pertumbuhan bakteri asidogen. Namun, kondisi yang terlalu asam tidak cocok untuk pertumbuhan bakteri metanogen penghasil metana sehingga proses metanogenesis akan terganggu.

Sebagaimana proses anaerobik pada umumnya, proses dalam *double stage anaerobic digester* juga memerlukan inokulum sebagai *starter* bakteri untuk mengoptimalkan pengolahan substrat menjadi produk. Penambahan inokulum pada anaerobic digester dinilai lebih efektif menurunkan kandungan COD dalam substrat dan meningkatkan kadar metana sehingga proses start-up bisa dapat berjalan lebih cepat (Ahmad *et al.*, 2003).

Penelitian ini dilakukan guna menentukan inokulum yang tepat untuk digunakan saat *start-up* pada masing-masing *stage* di *double stage anaerobic digester*, dengan *activity microorganism test*. *Activity microorganism test* adalah metode pengujian yang bertujuan untuk mengetahui aktivitas bakteri dalam inokulum terhadap substrat ideal (Soto, *et al.* 1993).

2. Metodologi

2.1 Bahan

Bahan penelitian terdiri atas inokulum sebagai sumber mikroorganisme, substrat ideal, Na₂CO₃, N₂ dan CO₂ untuk *flushing* agar terbentuk kondisi anaerob. Inokulum yang digunakan diantaranya *effluent* aktif dari *digester* biogas berbahan baku limbah pabrik *biodiesel* (*effluent* aktif limbah *biodiesel*) dan *effluent* aktif dari *digester* biogas berbahan baku kotoran sapi (*effluent* aktif kotoran sapi). *Effluent* aktif limbah *biodiesel* berasal dari industri *biodiesel* yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur, sementara *effluent* aktif kotoran sapi berasal dari instalasi biogas yang berlokasi di Kelurahan Turgo, Kecamatan Hargobinangun, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Karakteristik inokulum dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik inokulum

Karakteristik	<i>effluent</i> aktif limbah <i>biodiesel</i>	<i>effluent</i> aktif kotoran sapi
pH	7,71	9,30
sCOD (mg/L)	765	2.097
VFA (mg/L)	184,03	1.011,73

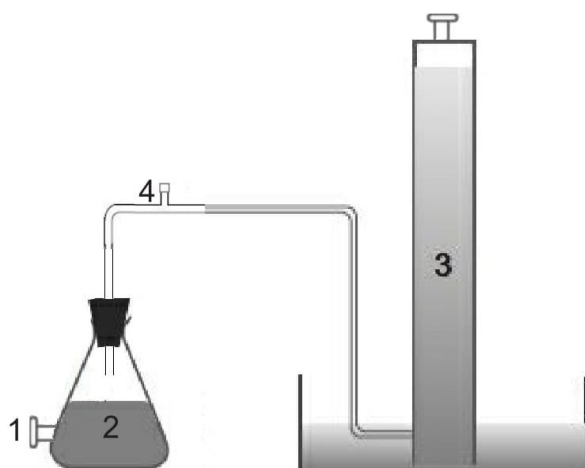


TS (mg/L)	28.073,79	87.722,12
VS (mg/L)	16.303,05	66.647,41
Total bakteri anaerobik (sel/ml)	61×10^5	12×10^5

Substrat ideal yang digunakan pada *acidogen activity test* berupa glukosa (sebagai sCOD) dan *methanogenic activity test* berupa VFA dengan komposisi asam asetat, asam butirat dan asam propionat. Larutan Na_2CO_3 digunakan sebagai penyangga untuk mempertahankan nilai pH.

2.2 Peruraian Anaerobik

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor anaerob dengan sistem *batch* menggunakan erlenmeyer dengan volume 500 ml (Gambar 1.). Komposisi dalam reaktor adalah larutan Na_2CO_3 1,5 gr/L, inokulum 400 ml dan substrat ideal. Substrat ideal sebanyak 1,5 gr/L glukosa (sebagai sCOD) dan asam asetat, asam butirat dan asam propionat (sebagai VFA) dengan konsentrasi masing-masing 2:0,5:0,5 gr/L. Gas nitrogen dan karbon dioksida didelembungkan kedalam cairan dengan perbandingan 85% N_2 dan 15% CO_2 . Untuk memastikan pada reaktor pertama hanya terjadi proses asidogenesis dan reaktor kedua hanya terjadi proses metanogenesis, nilai pH diatur menggunakan HCl dan NaOH hingga kondisi asam (pH 5-5,3) dan kondisi netral (pH 7) pada masing-masing proses.



Keterangan :

1. Cairan *sampling point*
2. Digester
3. Gasometer
4. Gas *sampling point*

Gambar 1. Skema reaktor *batch*

2.3 Analisis sCOD, VFA dan CH_4

Pada penelitian ini, parameter yang digunakan untuk menunjukkan kandungan bahan organik adalah soluble Chemical Oxygen Demand (sCOD) dan Volatile Fatty Acid (VFA). Analisis sCOD dan VFA pada penelitian ini mengikuti metode analisis sesuai Standart APHA (2005). Analisis sCOD menggunakan metode reflus tertutup secara kolorimetri, sedangkan analisis VFA menggunakan metode titrimetri. Pengukuran volume gas menggunakan alat *High Gasometer* (Walker, Zhang, Heaven, & Banks, 2009) dan analisis kadar gas metana menggunakan *Gas Chromatography* (GC) Shimadzu GC 8A. Dilakukan analisis sCOD, VFA dan CH_4 dengan frekuensi sampling 2 hari sekali, serta produksi gas dengan frekuensi sampling setiap hari.



3. Hasil dan Pembahasan

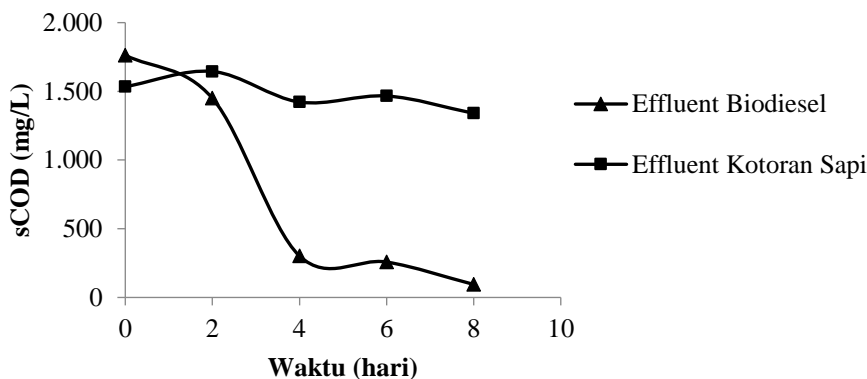
3.1. Reaktor Asidogen

Parameter yang ditinjau pada *acidogenic activity test* adalah penurunan konsentrasi sCOD sebagai substrat dan peningkatan konsentrasi VFA sebagai produk oleh bakteri asidogen pada digester anaerobik. Pada awal percobaan, reaktor asidogen dikondisikan pada pH asam yaitu berkisar antara 5-5,3. Hal ini dilakukan agar pada reaktor asidogen hanya bakteri asidogen saja yang dapat hidup.

Performa bakteri asidogen pada proses asidogenesis dapat dilihat dari laju penurunan konsentrasi sCOD sebagai substrat. Laju penurunan konsentrasi sCOD tertinggi dengan inokulum effluent biodiesel terjadi pada hari ke-0 hingga hari ke-4 (Gambar 2.). Konsentrasi sCOD yang dicapai hingga hari ke-4 sebesar 302,07 mg/L. Setelah hari ke-4 percobaan, konsentrasi sCOD semakin berkurang terhadap waktu namun tidak signifikan. Berbeda dengan effluent biodiesel, laju penurunan konsentrasi sCOD dengan effluent kotoran sapi pada hari ke-0 hingga hari ke-8 tidak signifikan. Konsentrasi sCOD terendah yang dicapai hingga hari ke-8 sebesar 1340,002 mg/L.

Setelah 8 hari percobaan, konsentrasi sCOD terendah yang dicapai dengan menggunakan effluent biodiesel adalah sebesar 94,79 mg/L dan dengan effluent kotoran sapi sebesar 1.340,00 mg/L. Penurunan konsentrasi sCOD menggunakan effluent biodiesel yang sangat signifikan karena bakteri anaerob sudah terbiasa mengolah limbah hasil pengolahan biodiesel yang memiliki kandungan organik yang cukup tinggi.

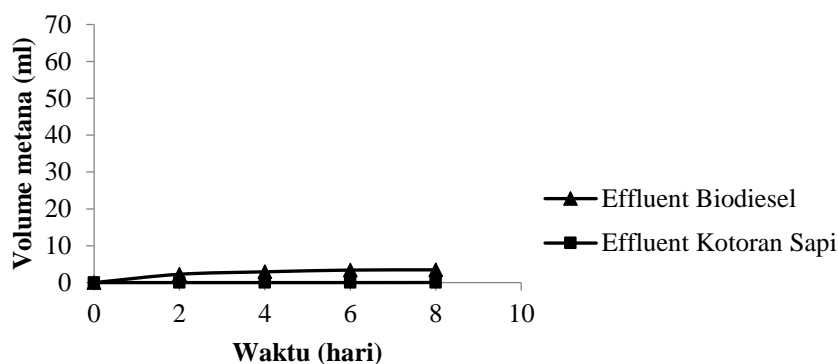
Penurunan konsentrasi sCOD pada proses asidogenesis dengan menggunakan inokulum yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Konsentrasi sCOD pada reaktor asidogen

Persentase sCOD *removal* yang dapat dicapai pada masing-masing reaktor menunjukkan hasil yang berbeda. Persentase sCOD *removal* menggunakan effluent biodiesel mencapai 94,62 %, sementara dengan effluent kotoran sapi hanya mencapai 12,65 %. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa bakteri asidogen pada inokulum effluent biodiesel memiliki performa yang lebih baik untuk menurunkan kandungan sCOD pada substrat dibandingkan dengan effluent kotoran sapi.

Selain penurunan konsentrasi sCOD, volume metana yang terbentuk juga merupakan parameter yang digunakan pada proses produksi biogas. Gambar 3. menunjukkan bahwa bakteri pada kedua inokulum memiliki kinerja yang sama yaitu sama-sama tidak menghasilkan metana. Hal ini membuktikan bahwa yang terjadi pada reaktor asidogen hanya proses asidogenesis saja, sedangkan proses metanogenesis tidak terjadi karena reaktor asidogen dijalankan pada pH asam.

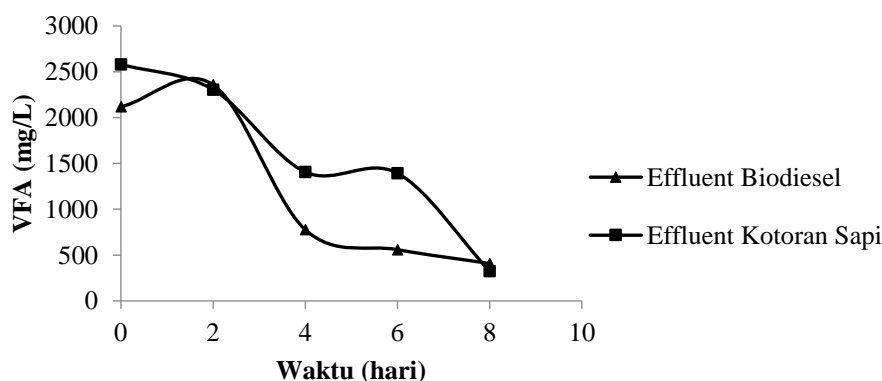


Gambar 3. Volume metana pada reaktor asidogen

3.2. Reaktor metanogen

Parameter yang ditinjau pada *methanogenic activity test* adalah penurunan konsentrasi VFA sebagai substrat dan peningkatan volume CH_4 sebagai produk oleh bakteri metanogen pada digester anaerobik. Dalam proses anaerobik normal, VFA mudah dikonsumsi oleh bakteri metanogen membentuk biogas sehingga laju penurunan VFA sangat tinggi (Ayu, *et al.* 2017).

Performa bakteri metanogen dalam mengolah VFA pada kedua inokulum tidak jauh berbeda, ditunjukkan pada Gambar 4. Konsentrasi VFA awal pada kedua reaktor berkisar antara 2.100-2.600 mg/L dan mengalami penurunan yang signifikan pada hari ke-4. Hingga hari ke-8 percobaan, konsentrasi VFA pada kedua reaktor menunjukkan nilai yang sama. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa bakteri metanogen pada kedua inokulum memiliki performa yang sama untuk menurunkan konsentrasi VFA.

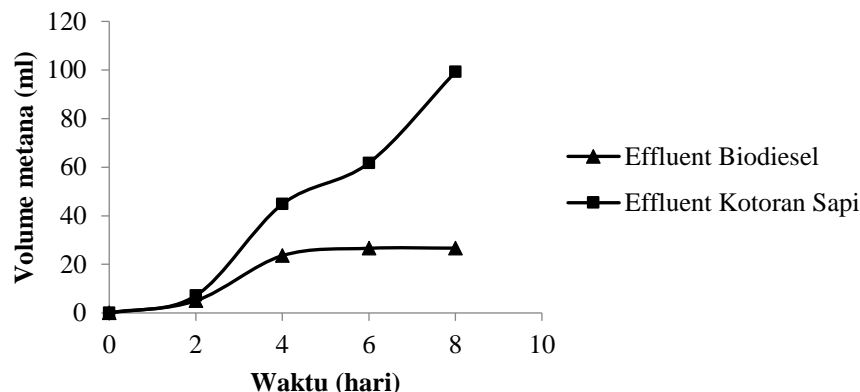


Gambar 4. Konsentrasi VFA pada reaktor metanogen

Persentase VFA *removal* yang dapat dicapai pada masing-masing reaktor menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda. Persentase VFA *removal* menggunakan effluent biodiesel mencapai 80,70%, sementara dengan effluent kotoran sapi mencapai 87,38%.

Selain penurunan konsentrasi VFA, volume metana yang terbentuk juga merupakan parameter yang digunakan pada proses produksi biogas secara anaerobik. Gambar 5. menunjukkan bahwa bakteri metanogen pada kedua inokulum memiliki kinerja yang berbeda dalam mengolah substrat menjadi produk. Volume metana yang terbentuk dengan menggunakan effluent kotoran sapi jauh lebih

tinggi dibandingkan dengan menggunakan effluent biodiesel. Produksi gas metana tertinggi yang dapat dicapai dengan effluent kotoran sapi adalah 99,16 ml sedangkan dengan effluent biodiesel hanya 26,67 ml. Ini menunjukkan bahwa bakteri metanogen pada kotoran sapi memiliki kecenderungan mudah beradaptasi pada kondisi pH netral sehingga dapat mengolah substrat menjadi produk dengan baik. Sedangkan bakteri metanogen pada effluent biodiesel memiliki kecenderungan sulit beradaptasi pada kondisi pH netral atau lebih beradaptasi dengan pH yang rendah sehingga tidak dapat menghasilkan produk dengan baik.



Gambar 5. Volume metana pada reaktor metanogen

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa inokulum effluent biodiesel lebih tepat untuk proses asidogenesis dibandingkan dengan effluent kotoran sapi karena kinerja bakteri asidogen pada effluent biodiesel lebih maksimal untuk menurunkan konsentrasi sCOD. Sedangkan performa bakteri pada effluent kotoran sapi lebih baik untuk proses metanogenesis dibandingkan dengan effluent biodiesel. Performa bakteri metanogen pada kedua inokulum baik untuk menurunkan konsentrasi VFA namun effluent kotoran sapi menghasilkan volume metana lebih tinggi dibandingkan dengan effluent kotoran sapi.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh *Competitive Research Grant* “Tim Pascasarjana”, Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (KEMENRISTEKDIKTI) 2017.

Daftar Pustaka

- Ahmad, A. L., Ismail, S., Ibrahim, N., & Bhatia, S. (2003). *Removal of suspended solids and residual oil from palm oil mill effluent*, 978(January), 971–978. <https://doi.org/10.1002/jctb.892>
- Ayu, E. D., Halim, L., Mellyanawaty, M., & Budhijanto, W. (2017). *The Effect of Natural Zeolite as Microbial Immobilization Media in Anaerobic Digestion at Various Concentrations of Palm Oil Mill Effluent (POME)*, 110005. <https://doi.org/10.1063/1.4982335>
- Hasnain, M., Universiti, I., Petronas, T., & Seri, B. (1993). *Methanogenic activity test for study of anaerobic processes*, (January).
- Soto, M., Mendez, R. R., & Lema, J. M. (1993). *Methanogenic and non-methanogenic activity tests . Theoretical basis and experimental set up*, 1354(August). [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(93\)90224-6](https://doi.org/10.1016/0043-1354(93)90224-6)
- Trisakti, B., Manalu, V., Taslim, I., & Turmuzi, M. (2015). *Acidogenesis of Palm Oil Mill Effluent to*



- Produce Biogas: Effect of Hydraulic Retention Time and pH*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 195, 2466–2474. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.293>
- Walker, M., Zhang, Y., Heaven, S., & Banks, C. (2009). *Bioresource Technology Potential errors in the quantitative evaluation of biogas production in anaerobic digestion processes*, 100(m), 6339–6346. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.07.018>
- Yejian, Z., Li, Y., Xiangli, Q., Lina, C., Xiangjun, N., Zhijian, M., & Zhenjia, Z. (2014). *Integration of Biological Method and Membrane Technology in Treating Palm Oil Mill Effluent*, (April). [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)62094-X](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)62094-X)



Optimasi Parameter Pada Proses Pembuatan Objek 3D Printing Dengan Teknologi FDM Terhadap Akurasi Geometri

Dicky Seprianto, Romi Wilza, Iskandar

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139 Telp: 0711-353414 Fax: 0711-453211

E-mail: dicky@polsri.ac.id

Intisari

Saat ini proses manufacturing memasuki era mass customization, yaitu bagaimana membuat produk yang lebih variatif (*high variety*) dengan harga murah (*low price*). Prinsip ini dikenal dengan *build to order*, produk yang disesuaikan namun dapat diproduksi secara massal pula. Metode yang dapat menjawab tantangan tersebut adalah *additive manufacturing* menggunakan alat 3D Printing. Pembuatan objek menggunakan 3D printing memanfaatkan data CAD yang telah terlebih dahulu dibuat. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kombinasi parameter optimal pada proses pembuatan objek 3D printing sehingga menghasilkan geometri yang akurat sesuai dengan yang direncanakan. Parameter proses yang diinvestigasi adalah *layer height*, *print speed*, *perimeter shells* dan waktu *polishing*. Spesimen uji dibuat dengan material *polysmoothTM* mengacu ASTM D995-08 menggunakan 3D Printer type *Fused Deposition Modeling (FDM)*. Data hasil pengukuran dianalisa menggunakan ANOVA dengan design type 2 level factorial dan design model 4 factorial interactions (4FI) berbantuan perangkat lunak *Design-Expert®* versi trial. Hasil ANOVA diketahui bahwa faktor-faktor secara signifikan ($\alpha=0.05$) berpengaruh terhadap geometri objek 3D printing dan kombinasi parameter optimal yaitu *layer height*=0.14 mm, *print speed*=51.73 m/s, *perimeter shells*=3 mm dengan waktu *polishing*=20 menit.

Kata Kunci: 3D Printing, ANOVA, 2 Level Factorial, Optimasi

1. Pendahuluan

Additive manufacturing adalah sebuah proses pembuatan benda solid tiga dimensi dari model digital (CAD). Proses percetakan 3D membuat sebuah produk dengan menggunakan proses additif, dimana dengan menambahkan bahan-bahan dasar secara bertahap sesuai dengan bentuk model digital yang telah didesain terlebih dahulu. Penggunaan *additive manufacturing* menggunakan 3D printing lebih menguntungkan dibandingkan dengan metode konvensional manufaktur. Bahkan NASA telah secara luas mendanai penelitian penggunaan 3D printing untuk memberi makan astronot di ruang angkasa (Siddharth Bhandari, B Regina, 2014). Ana L. Abeliensky (2015) dalam *discussion paper, center for european, governance and economic development research* melaporkan bahwa evolusi paten yang berhubungan dengan teknologi 3D printing di AS menunjukkan bahwa jumlah paten telah meroket selama beberapa tahun terakhir. Hal ini ditegaskan oleh Laporan Wohlers (2014), di mana tidak hanya paten yang diberikan tetapi juga aplikasi paten di AS, yang menunjukkan kecenderungan yang sama. Inovasi dalam 3D printing dan publikasi paten yang dihasilkan mulai muncul dari tahun 1990-an dengan lonjakan nyata dalam aktivitas di sekitar teknologi ini terjadi dalam 5 tahun terakhir. Sudah jelas aktivitas dan trend penggunaan teknologi ini akan terus berlanjut serta memberikan inovasi yang lebih banyak dalam waktu dekat (Patent iNSIGHT ProTM, 2014). Menurut Kuswanto, et



al. (2017), pengembangan metode *injection moulding* berbasis printer 3D telah dilakukan dengan melakukan modifikasi alat, material, tahapan dan sistim produksi implan pra-operasi yang mengacu pada teknologi printer 3D untuk cranioplasty yang sudah dilakukan di negara maju, dua metode berbeda yang diuji, yaitu metode *cranial/intra operatif* dan metode *injection moulding* dengan menggunakan material polymethylmethacrylate/ PMMA dan hasil yang didapatkan adalah deviasi volume implan yaitu sebesar 1.87 ± 1.27 % (*injection moulding*) dibandingkan 11.39 ± 3.71 % (metode *cranial*), deviasi tebal sebesar 2.54 ± 0.86 % (*injection moulding*) dibandingkan 7.35 ± 1.43 % (metode *cranial*), deviasi panjang linear sebesar 2.61 ± 0.47 % (*injection moulding*) dibandingkan 5.76 ± 0.79 % (metode *cranial*) dan deviasi sudut kelengkungan permukaan sebesar 0.98 ± 0 % (*injection moulding*) dibandingkan 15.45 ± 3.94 % (metode *cranial*), sehingga diambil kesimpulan bahwa metode *injection moulding* lebih baik daripada metode *cranial/intra operatif*.

Berdasarkan situasi diatas, maka dapat disimpulkan bahwa pengembangan objek hasil 3D printing sangat luas. Hal ini diiringi dengan pengembangan material yang digunakan sebagai bahan dasar pembentuk objek hasil 3D printing. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan objek 3D dengan teknologi FDM disebut dengan *filament* yang terbuat dari termoplastik. Ada banyak jenis *filament* dengan berbagai sifat yang membutuhkan suhu yang berbeda untuk dicetak. Pada penelitian ini akan diinvestigasi penggunaan jenis *filament* terbaru yaitu polysmooth™ yang memiliki sifat unggul mampu dilakukan proses *polishing* sehingga menghasilkan permukaan produk yang halus dan menutupi jalur-jalur yang menjadi ciri khas produk hasil 3D printing serta mendapatkan kombinasi parameter yang tepat dan optimal.

1.1 Computer Aided Design (CAD)

Computer Aided Design adalah suatu perangkat lunak komputer untuk menggambar suatu produk atau bagian dari suatu produk. Produk yang ingin digambarkan bisa diwakili oleh garis-garis maupun simbol-simbol yang memiliki makna tertentu. CAD bisa berupa gambar 2 dimensi, 3 dimensi dan solid modeling. Berawal dari menggantikan fungsi meja gambar kini perangkat lunak CAD telah berevolusi dan terintegrasi dengan perangkat lunak CAE (*Computer Aided Engineering*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Integrasi itu dimungkinkan karena perangkat lunak CAD saat ini merupakan aplikasi desain produk/komponen dalam bentuk solid dan/atau surface modelling. Solid model memungkinkan kita untuk memvisualisasikan komponen dan rakitan yang kita buat secara realistis. Selain itu model mempunyai properti seperti massa, volume, pusat gravitasi, luas permukaan dan sebagainya. Beberapa perangkat lunak CAD yang digunakan di Indonesia yaitu: Alias, CATIA, Autodesk® Inventor®, Pro/ENGINEER®, Parasolid®, SolidWorks™ dan Power Shape dan UGS NX.

1.2 3D Printing

Menurut Kenny Hart (2016), *Prototyping, jigs and fixtures, injection moulding, patterns for casting dan end use parts* merupakan 5 hal yang harus dan dapat dilakukan menggunakan 3D printer. 3D Printing adalah salah satu teknologi terbaru dunia percetakan, dimana teknologi percetakan 3D ini akan menjadi salah satu trend teknologi dimasa depan. Teknologi 3D Printing akan menghasilkan benda padat, dan bukan seperti mencetak selembar kertas pada printer yang sudah biasa digunakan. Printer 3D ini akan melengkapi teknologi printer 2D yang sudah lama kita gunakan sebagai alat cetak yang outputnya berupa lembaran 2 dimensi. Prinsip teknologi pada 3D Printing terbagi menjadi 2, yaitu:

- a) Teknik cetak dengan cara *extrusion*, teknik ini akan melelehkan plastik secara lapis demi lapis. Satu ciri khas dari teknik ini adalah membersihkan alas duduk yang melekat dibawah objek atau produk, serta bekas plastik lainnya yang melekat.



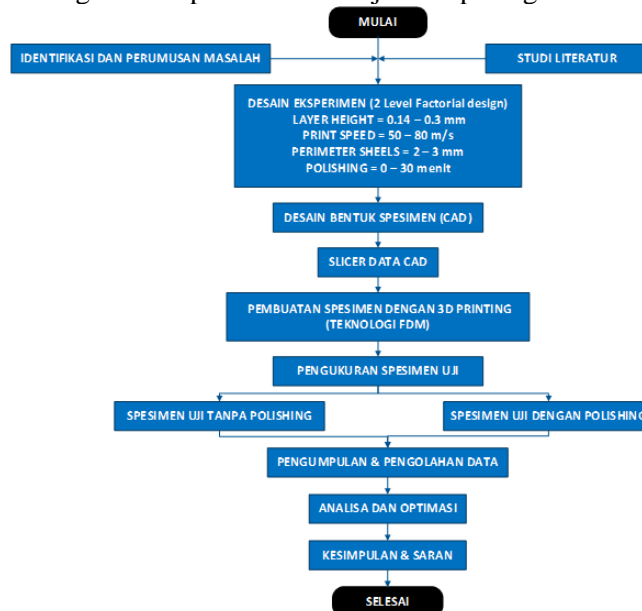
- b) Teknik cetak dengan serbuk (Binder), teknik ini hampir mirip dengan teknik *extrusion*, binder 3D printing menggunakan *inkjet nozzle* untuk membubuhi bahan yang membentuk lapisan dari objek yang dibuat. Perbedaan dari teknik *extrusion*, teknik binder menggunakan dua material yang akan membentuk lapisan dari objek yang di print. Material tersebut terdiri dari serbuk kering dan lem cair atau bahan perekat (binder). Untuk melakukan pencetakan, tahap pertama printer 3D akan membubuhkan lapisan serbuk. Kemudian tahap kedua nozzle akan membubuhkan perekat. Proses ini diulang hingga objek selesai di print. Teknik binder lebih cepat dibandingkan teknik *extrusion* karena lebih sedikit material yang dibutuhkan. Selain itu memungkinkan material yang lebih beragam dalam prosesnya seperti metal dan keramik, begitu juga dengan pewarnaan.

1.3 Desain Eksperimen

Desain eksperimen dapat diartikan sebagai rancangan percobaan yang dilakukan melalui perubahan-perubahan terencana terhadap variabel input suatu proses atau sistem sehingga dapat ditelusuri penyebab dan faktor-faktor sehingga membawa perubahan pada output sebagai respon dari eksperimen yang telah dilakukan (Johan Trygg dan Svante Wold, 2002). Pada umumnya eksperimen digunakan untuk mempelajari performance proses atau sistem yang biasanya divisualisasikan seperti kombinasi mesin, metode, orang dan sumber daya lainnya. Karena itu perlu digunakan suatu pendekatan statistik yang diaplikasikan pada proses eksperimen. Desain eksperimen bertujuan untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi/data sebanyak-banyaknya yang diperlukan dan berguna dalam melakukan penelitian persoalan yang akan dibahas. Penelitian juga hendaknya dilakukan seefisien mungkin mengingat waktu, biaya, tenaga dan bahan yang harus digunakan.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya, metode yang digunakan meliputi studi literatur, desain dan eksperimental terhadap objek 3D printing. Secara rinci diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 1.



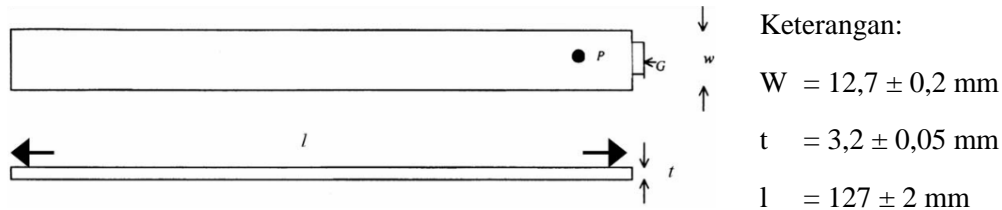
Gambar 1. Diagram alir penelitian



2.1 Pengukuran Objek Hasil 3D Printing

Pada penelitian ini digunakan 3D printing dengan teknologi FDM (*Fused deposition modeling*). Dimana objek yang dihasilkan dari material polysmooth™, alasan penggunaan material tersebut dikarenakan dapat dilakukan *polishing* dengan tujuan untuk mendapatkan permukaan objek 3D printing yang lebih baik. Pembua

tan spesimen uji menggunakan standarisasi ASTM D995-08 seperti ditunjukkan pada gambar 2. Tujuan dari uji pengukuran ini untuk mendapatkan dimensi geometri hasil 3D printing terhadap dimensi yang telah ditetapkan pada proses desain (CAD), sehingga dihasilkan produk sesuai dengan perancangan. Selain itu data yang dihasilkan dianalisa untuk mengetahui faktor yang berpengaruh terhadap kualitas geometri (*length, width, height*) objek hasil 3D Printer.



Gambar 2. Standard spesimen uji pengukuran ASTM D995-08

Untuk membuat spesimen uji objek 3D printing, dilakukan dalam 3 tahapan, yaitu :

- 1.) Desain 3D model menggunakan perangkat lunak CAD
- 2.) *Slice* dan *export* 3D model menggunakan perangkat lunak *flashprint*
- 3.) *Build*/pembuatan objek 3D model spesimen uji pengukuran menggunakan alat 3D Printer

Pada pembuatan spesimen uji ditetapkan faktor (parameter) terkontrol dan parameter yang ditetapkan, parameter yang dikontrol ditunjukkan pada tabel 1 dan faktor tetap yang digunakan yaitu:

- a) Teknologi 3D printing yang digunakan jenis FDM menggunakan bahan polysmooth™
- b) *First layer height* = 0.3 mm
- c) Bagian atas dan bawah objek sebanyak 3 lapisan (*layer*)
- d) *Fill density* sebesar 15 % dengan tipe hexagon
- e) Temperatur *nozzle* = 210° C
- f) Temperatur *platform* = 50° C
- g) Nozzle diameter = 0.4 mm
- h) Filament diameter = 1.75 mm

Tabel 1. Faktor-faktor terkontrol pada pembuatan spesimen uji pengukuran

No	Faktor-Faktor Terkontrol	Satuan	Level	
			Min	Max
1	<i>Layer height</i>	mm	0.14	0.3
2	<i>Print speed</i>	m/s	50	80
3	<i>Perimeter shells</i>	mm	2	3
4	<i>Polishing time</i>	menit	0	30

Analisa data hasil pengukuran menggunakan *analysis of variance* (Two-Way ANOVA) dengan metode eksperimen 2 *level factorial design* dan *model design* 4FI. Untuk membantu analisa data digunakan perangkat lunak *Design Expert* versi trial.



2.2 Analysis Of Variance (Two-Way ANOVA)

Data yang diperoleh dari pengukuran selanjutnya dianalisa dengan ANOVA yang bertujuan untuk menguji hipotesa (H_0) bahwa rata-rata dari dua atau lebih sebuah populasi adalah sama. Konsep analisis variansi didasarkan pada konsep distribusi F dan dapat diaplikasikan untuk analisis hubungan antara berbagai variabel yang diamati. Dalam perhitungan statistik, analisis variansi sangat dipengaruhi asumsi-asumsi yang digunakan seperti distribusi normal, identik (homogenitas variansi), independen (kebebasan dari kesalahan) dan linieritas model. Asumsi kenormalan distribusi memberi penjelasan terhadap karakteristik data dari tiap kelompok.

2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu:

- Perangkat lunak CAD Autodesk® Inventor® Professional 2017, 64 Bits *educational version*
- Perangkat lunak 3D Slicer Tools FlashPrint versi 3.18, 64 Bits untuk 3D Printer
- Perangkat lunak Design-Expert® Trial Version
- 3D Printing dengan teknologi FDM
- Alat ukur digital vernier caliver
- Alat polishing
- Filament PolySmooth™ 1,75 mm, *coral red* dan *electric blue*

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengukuran spesimen uji, didapat data-data hasil pengukuran yang akan dianalisa, sehingga diketahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap *length*, *width* dan *height*, selanjutnya dapat ditentukan optimasi kombinasi parameter untuk mendapatkan parametrik dimensi desain yang sesuai dengan hasil produksi menggunakan *additive manufacturing* (3D Printer).

3.1 Hasil Dan Analisa Pengukuran Spesimen Uji

Untuk mengetahui pengaruh faktor terhadap nilai respon dari spesimen uji, dilakukan analisa data hasil pengukuran menggunakan *analysis of variance* (Two-Way ANOVA) dengan metode eksperimen 2 level *factorial design*, menggunakan 4 (empat faktor). Pengukuran spesimen uji dilakukan secara acak sesuai dengan matrik rancangan pengukuran dengan 3 kali pengulangan (replikasi) sehingga dihasilkan 48 spesimen uji. Setelah dilakukan pengukuran spesimen uji, dari hasil pengukuran didapat nilai minimum, maksimum, rata-rata, standar deviasi dan rasio dari masing-masing respon dan faktor pada pengujian, ditunjukkan pada tabel 2 Pengukuran spesimen uji dilakukan tanpa proses *polishing* dan dengan proses *polishing* menggunakan alkohol 90%. Proses *polishing* dilakukan menggunakan alat *polysher* seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Pengukuran spesimen uji, alat *polishing* dan 3D printer

Tabel 2. Rata-rata, standar deviasi, dan rasio dari hasil pengukuran spesimen uji

Design Model : 4FI					Design Type : 2 Level Factorial		Runs : 48	
	Factor					Response		
	A	B	C	D		Y ₁	Y ₂	Y ₃
Name	Layer height	Print speed	Perimeter shells	Polishing	Name	Lenght	Width	Height
Units	mm	mm/s	mm	menit	Units	mm	mm	mm
Minimum	0.14	50	2	0	Observasi	48	48	48
Maximum	0.3	80	3	30	Analysis	factorial	factorial	factorial
Mean	0.22	65	2.5	15	Minimum	127.04	12.64	3.27
-1 (code)	0.14	50	2	0	Maximum	127.44	13.03	3.48
+1 (code)	0.3	80	3	30	Mean	127.269	12.8154	3.375
Std. Dev	0.08	15	0.5	15	Std. Dev	0.104156	0.0952479	0.0375868
					Ratio	1.00315	1.03085	1.06422

3.2 Analisa Variabel Yang Berpengaruh Terhadap Respon Length

Untuk mengidentifikasi pengaruh faktor *layer height*, *print speed*, *perimeter shells* dan *polishing* serta menentukan kombinasi optimum terhadap nilai pengukuran *length* spesimen uji, maka dilakukan analisa data hasil pengukuran dengan ANOVA. Adapun hipotesa (H_0) yang diuji yaitu tidak ada pengaruh dari faktor terhadap *length* spesimen uji. Hasil dari ANOVA dengan bantuan perangkat lunak *design-expert* ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Analysis of variance (ANOVA) untuk respon length

Response 1 LENGHT						
ANOVA for selected factorial model						
Analysis of variance table						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	F* ($\alpha=0.05$)	
Model	0.481614583	15	0.032107639	36.34827044	1.99	significant
A-LAYER HEIGHT	0.133352083	1	0.133352083	150.9646226	4.15	
B-PRINT SPEED	0.009352083	1	0.009352083	10.58726415	4.15	
C-PERIMETER SHELLS	0.011102083	1	0.011102083	12.56839623	4.15	
D-POLISHING	0.174002083	1	0.174002083	196.9834906	4.15	
AB	0.062352083	1	0.062352083	70.58726415	4.15	
AC	0.02566875	1	0.02566875	29.05896226	4.15	
AD	0.004602083	1	0.004602083	5.20990566	4.15	
BC	0.017252083	1	0.017252083	19.53066038	4.15	
BD	0.00991875	1	0.00991875	11.22877358	4.15	
CD	0.00421875	1	0.00421875	4.775943396	4.15	
ABC	0.015052083	1	0.015052083	17.04009434	4.15	

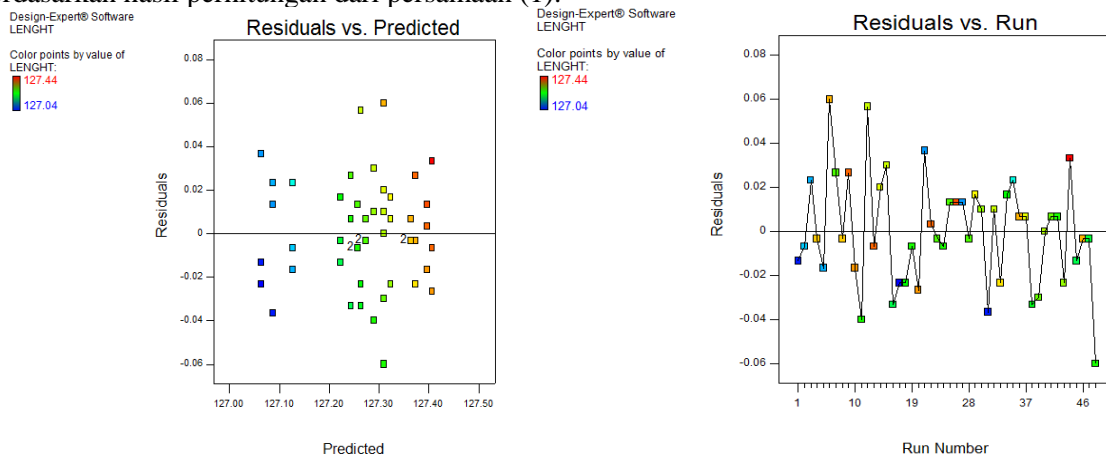


ABD	0.002552083	1	0.002552083	2.889150943	4.15	
ACD	0.005852083	1	0.005852083	6.625	4.15	
BCD	0.00091875	1	0.00091875	1.04009434	4.15	
ABCD	0.00541875	1	0.00541875	6.134433962	4.15	
Pure Error	0.028266667	32	0.000883333			
Cor Total	0.50988125	47				

Dari hasil perhitungan berbantuan perangkat lunak *design expert* yang ditunjukkan pada tabel 5.3 dapat dilihat bahwa F_{value} yang terbesar adalah faktor *polishing* yang mengindikasikan bahwa faktor ini mempunyai pengaruh yang paling besar terhadap respon *Length*. Dari tabel 5.3 diketahui bahwa nilai $F_{\text{value}} > F^*$ (F_{Tabel} yang diperoleh dari tabel distribusi F dengan $\alpha=0.05$), sehingga H_0 ditolak, berarti dengan tingkat keyakinan 95% ($\alpha=0.05$) terdapat pengaruh dari faktor *layer height*, *print speed*, *perimeter shells* dan *polishing* terhadap nilai *length* spesimen uji. Dari hasil perhitungan berbantuan perangkat lunak *design expert* didapat model persamaan regresi linier dalam bentuk kode faktor :

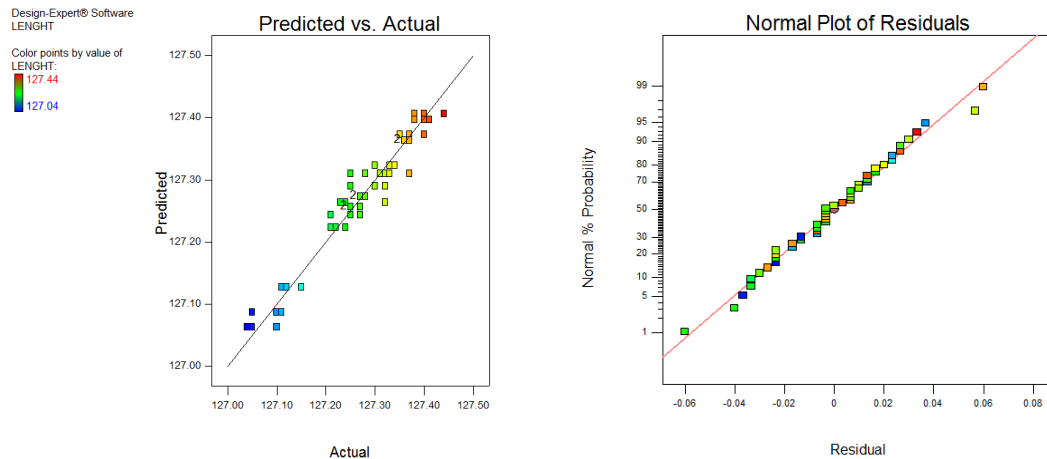
$$\begin{aligned} \text{LENGHT} = & 127.27 + 0.053*A - 0.014*B - 0.015*C + 0.060*D + 0.036*A*B + .023*A*C - \\ & 9.792E-003*A*D + 0.019*B*C + 0.014*B*D - 9.375E-003*C*D - 0.018*A*B*C - \\ & 7.292E-003*A*B*D - 0.011*A*C*D - 4.375E-003*B*C*D + 0.011*A*B*C*D \end{aligned} \quad (1)$$

Untuk mengetahui apakah data yang digunakan memenuhi asumsi identik, independen dan distribusi normal, maka ditentukan residual dari data hasil pengukuran spesimen uji dengan nilai pengukuran prediksi, seperti ditunjukkan pada gambar 4. Sedangkan gambar 5 menunjukkan nilai *length* hasil pengukuran aktual spesimen uji yang dibuat menggunakan 3D printing dan nilai *length* prediksi berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan (1).



Gambar 4. Grafik residual identik dan independen dari nilai respon *length*





Gambar 5. Grafik prediksi vs aktual dan residual distribusi normal dari nilai *length*

Dari gambar 5 dapat dilihat hasil percobaan yang dilakukan mendekati dan searah dengan garis diagonal. Hal ini mengindikasikan bahwa persamaan model regresi linier yang dihasilkan dari analisa statistik dengan bantuan perangkat lunak *design expert* dapat digunakan untuk memprediksi nilai *length* spesimen uji.

3.3 Analisa Variabel Yang Berpengaruh Terhadap Respon *Width*

Hipotesa (H_0) yang akan diuji yaitu tidak ada pengaruh dari faktor terhadap respon *width* spesimen uji. Hasil dari ANOVA ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. *Analysis of variance* (ANOVA) untuk respon *width*

Response 2 WIDTH						
ANOVA for selected factorial model						
Analysis of variance table						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	F* ($\alpha=0.05$)	
Model	0.392991667	15	0.026199444	25.10126414	1.99	significant
A-LAYER HEIGHT	0.012033333	1	0.012033333	11.52894212	4.15	
B-PRINT SPEED	0.140833333	1	0.140833333	134.9301397	4.15	
C-PERIMETER SHELLS	0.0147	1	0.0147	14.08383234	4.15	
D-POLISHING	0.016875	1	0.016875	16.16766467	4.15	
AB	0.042008333	1	0.042008333	40.24750499	4.15	
AC	0.072075	1	0.072075	69.05389222	4.15	
AD	0.000133333	1	0.000133333	0.127744511	4.15	
BC	0.018408333	1	0.018408333	17.63672655	4.15	
BD	0.0048	1	0.0048	4.598802395	4.15	

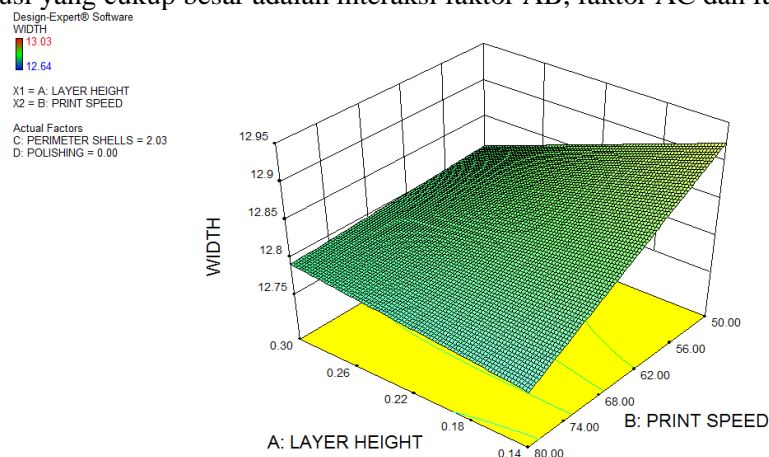


CD	0.0432	1	0.0432	41.38922156	4.15	
ABC	0.009633333	1	0.009633333	9.229540918	4.15	
ABD	0.000675	1	0.000675	0.646706587	4.15	
ACD	0.000208333	1	0.000208333	0.199600798	4.15	
BCD	0.016875	1	0.016875	16.16766467	4.15	
ABCD	0.000533333	1	0.000533333	0.510978044	4.15	
Pure Error	0.0334	32	0.00104375			
Cor Total	0.426391667	47				

Dari hasil perhitungan berbantuan perangkat lunak *design expert* yang ditunjukkan pada tabel 4 dapat dilihat bahwa F_{value} yang terbesar adalah faktor *print speed* yang mengindikasikan bahwa faktor ini mempunyai pengaruh yang paling besar terhadap respon *Width* dan diketahui bahwa nilai $F_{\text{value}} > F^*$ (F_{Tabel} yang diperoleh dari tabel distribusi F dengan $\alpha=0.05$), sehingga H_0 ditolak, berarti dengan tingkat keyakinan 95% ($\alpha=0.05$) terdapat pengaruh dari faktor *layer height*, *print speed*, *perimeter shells* dan *polishing* terhadap nilai *width* spesimen uji dan berdasarkan hasil perhitungan diperoleh model persamaan regresi linier dalam bentuk kode faktor.

$$\begin{aligned} \text{WIDTH} = & 12.82 + 0.016*A - 0.054*B - 0.017*C - 0.019*D + 0.03*A*B + 0.039*A*C - 1.67E- \\ & 03*A*D + 0.02*B*C - 0.01*B*D - 0.03*C*D - 0.014*A*B*C + 3.75E-03*A*B*D - \\ & 2.08E-03*A*C*D + 0.019*B*C*D - 3.33E-03*A*B*C*D \quad (2) \end{aligned}$$

Pada gambar 6 menunjukkan bahwa semakin cepat *print speed* dengan menggunakan *layer height* yang kecil akan menghasilkan nilai *width* yang semakin kecil dan mendekati dimensi dari desain sample uji yang direncanakan. Sedangkan berdasarkan ANOVA interaksi faktor yang memiliki persentase kontribusi yang cukup besar adalah interaksi faktor AB, faktor AC dan faktor C-D.



Gambar 6. Grafik 3D pengaruh faktor-faktor terhadap nilai respon *width*

3.4 Analisa Variabel Yang Berpengaruh Terhadap Respon *Height*

Langkah identifikasi pengaruh faktor-faktor terhadap nilai respon *height* spesimen uji dilakukan sama halnya terhadap respon *length* dan *width* yaitu menggunakan *analysis of variance* (ANOVA).



Adapun hipotesa (H_0) yang diuji yaitu tidak ada pengaruh dari faktor terhadap *height* spesimen uji. Hasil dari ANOVA ditunjukkan pada tabel 6 serta dapat dilihat bahwa F_{value} yang terbesar adalah faktor *print speed* dengan persentase kontribusi sebesar 20%, ini mengindikasikan bahwa faktor ini mempunyai pengaruh yang paling besar terhadap respon *height*. Dari tabel 5 diketahui bahwa nilai $F_{\text{value}} > F^*$, sehingga H_0 ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh dari faktor terhadap nilai respon *height* spesimen uji.

Tabel 5. *Analysis of variance* (ANOVA) untuk respon *height*

Response 3 HEIGHT						
ANOVA for selected factorial model						
Analysis of variance table						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	F* ($\alpha=0.05$)	
Model	0.056133333	15	0.003742222	11.66406926	1.99	significant
A-LAYER HEIGHT	0.009075	1	0.009075	28.28571429	4.15	
B-PRINT SPEED	0.013333333	1	0.013333333	41.55844156	4.15	
C-PERIMETER SHELLS	0.0012	1	0.0012	3.74025974	4.15	
D-POLISHING	0.004408333	1	0.004408333	13.74025974	4.15	
AB	0.000408333	1	0.000408333	1.272727273	4.15	
AC	0.007008333	1	0.007008333	21.84415584	4.15	
AD	0.0012	1	0.0012	3.74025974	4.15	
BC	0.009633333	1	0.009633333	30.02597403	4.15	
BD	0.003008333	1	0.003008333	9.376623377	4.15	
CD	0.000408333	1	0.000408333	1.272727273	4.15	
ABC	0.001408333	1	0.001408333	4.38961039	4.15	
ABD	0.002133333	1	0.002133333	6.649350649	4.15	
ACD	0.001633333	1	0.001633333	5.090909091	4.15	
BCD	7.5E-05	1	7.5E-05	0.233766234	4.15	
ABCD	0.0012	1	0.0012	3.74025974	4.15	
Pure Error	0.010266667	32	0.000320833			
Cor Total	0.0664	47				

Final equation in terms of coded factors :

$$\begin{aligned} \text{HEIGHT} = & 3.37 + 0.014*A + 0.017*B - 5.000E-003*C - 9.583E-003*D - 2.917E-003*A*B + \\ & 0.012*A*C - 5.000E-003*A*D + 0.014*B*C - 7.917E-003*B*D + 2.917E-003*C*D - \\ & 5.417E-003*A*B*C - 6.667E-003*A*B*D - 5.833E-003*A*C*D - 250E-003*B*C*D \\ & + 5.000E-003*A*B*C*D \quad (3) \end{aligned}$$



3.5 Optimasi Desain

Setelah dilakukan uji dengan berbagai respon, selanjutnya dilakukan optimasi desain untuk menentukan kondisi optimum dari *layer height*, *print speed*, *perimeter shells* dan waktu *polishing*. Spesimen yang dibuat menggunakan teknologi *additive manufacturing* berdasarkan level minimum, maksimum dan target dari masing-masing faktor dan respon yang ditentukan. Solusi optimum untuk mendapatkan nilai yang diinginkan dari respon dengan faktor yang ditentukan berdasarkan tipe desain eksperimen *2 level factorial* dan model desain 4FI menggunakan ANOVA yang dibuat dengan bantuan perangkat lunak *design-expert* dapat dilihat pada tabel 7 dengan kondisi ditunjukkan pada tabel 6. Kombinasi parameter yang terpilih yaitu *layer height*=0.14 mm, *print speed*=51.73 mm/s, *perimeter shells*=3 mm dan waktu *polishing*=20 menit. Pilihan nomor 3 dilakukan dikarenakan untuk ketepatan penentuan waktu pada alat *polishing*.

Tabel 6. Kondisi faktor yang diinginkan untuk optimasi desain terhadap nilai dari respon

Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit
A:LAYER HEIGHT	is in range	0.14	0.3
B:PRINT SPEED	is in range	50	80
C:PERIMETER SHELLS	is in range	2	3
D:POLISHING	is target = 20.00	0	30
LENGHT	minimize	127.04	127.44
WIDTH	is target = 12.7	12.64	13.03
HEIGHT	is target = 3.27	3.27	3.48

Tabel 7. Kombinasi faktor untuk optimasi desain terhadap nilai dari respon

Solutions									
No.	Layer height	Print speed	Perimeter shells	Polishing	Lenght	Width	Height	Desirability	
1	0.14	50.79	3.00	19.98	127.213	12.7732	3.31079	0.87715	
2	0.14	50.06	3.00	19.98	127.213	12.7757	3.30908	0.877122	
3	0.14	51.73	3.00	20.00	127.212	12.7703	3.31328	0.87659	Selected
4	0.14	52.99	3.00	20.00	127.211	12.7664	3.31637	0.875882	
5	0.14	54.74	3.00	20.00	127.21	12.7606	3.32049	0.875197	
6	0.14	50.00	3.00	20.00	127.215	12.7769	3.30999	0.875	
7	0.14	55.00	3.00	20.00	127.21	12.7599	3.32121	0.874763	
8	0.14	56.51	3.00	20.00	127.209	12.7551	3.32481	0.873783	

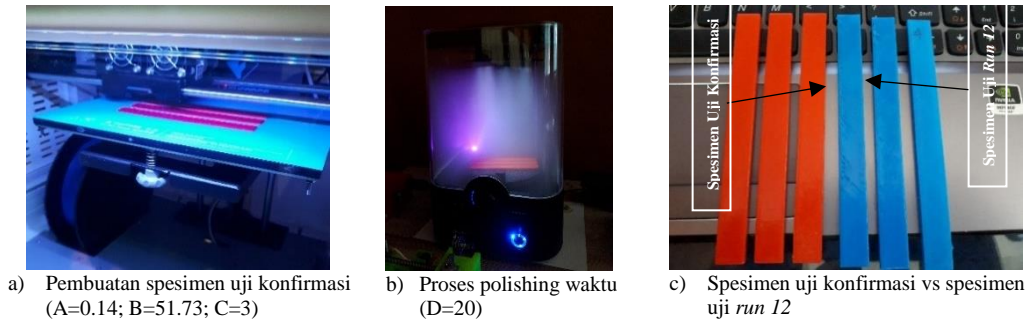
3.6 Uji Konfirmasi

Setelah ditentukan kombinasi faktor optimal berdasarkan analisa statistik menggunakan ANOVA, dilakukan pengujian konfirmasi dengan pembuatan spesimen uji menggunakan parameter terpilih. Adapun hasil pengukuran dan proses pembuatan spesimen untuk uji konfirmasi ditunjukkan pada gambar 7 dan tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengukuran spesimen uji konfirmasi

No.	Layer height	Print speed	Perimeter shells	Polishing	Lenght	Width	Height
1	0.14	51.73	3.00	20.00	127.18	12.76	3.3
2					127.20	12.70	3.28
3					127.20	12.75	3.32





Gambar 7. Pembuatan dan komparasi visual spesimen uji konfirmasi

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa desain eksperimen tipe 2 level factorial dengan model 4 factorial interaction (4FI) berbantuan perangkat lunak *design-expert* telah berhasil dibuat untuk memprediksi pengaruh faktor-faktor terhadap akurasi geometri objek 3D printing dengan teknologi FDM. Dari persamaan regresi linier terhadap respon *length*, *width* dan *height* yang dihasilkan menggunakan ANOVA dan telah dilakukan uji konfirmasi dapat ditentukan kondisi optimal kombinasi faktor yaitu *layer height*=0.14 mm, *print speed*=51.73 mm/s, *perimeter shells*=3 mm dan waktu *polishing*=20 menit. Dengan perkembangan bahan baku material maju untuk pembuatan objek 3D printing, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pengaruh material ditinjau dari akurasi geometri maupun *mechanical properties* yang sesuai dengan aplikasi.

Daftar Pustaka

- Ana L. Abeliasky, Immaculada Martínez-Zarzoso, Klaus Prettnner, 2015, THE IMPACT OF 3D PRINTING ON TRADE AND FDI, center for european, governance and economic development research No. 262, Georg-August-Universität Göttingen, ISSN: 1439-2305
- Delfi Chairia, 2016, MASS CUSTOMIZATION : PENGERTIAN DAN PENDEKATAN, akses online 20 Februari 2017, URL: http://www.kompasiana.com/delfi.chairia/mass-customization-pengertian-dan-endekatan_551852a9a333118207b664ea
- Hyun-Wook Kang, Sang Jin Lee, In Kap Ko, Carlos Kengla, James J Yoo & Anthony Atala, 2016, A 3D bioprinting system to produce human-scale tissue constructs with structural integrity, *Nature Biotechnology* 34, 312–319 (2016)
- Johan Trygg, Svante Wold, 2002, “Introduction To Statistical Experiment Design”, University Of Queensland, Australia.
- Kenny Hart, 2016, Top 5 Things You Should be Doing With a 3D Printer, akses online 12 September 2017, URL: <https://www.rnd-tech.com/r-d-news-and-events/rnd-weekly-a-3d-printing-blog/top-5-things-you-should-be-doing-with-a-3d-printer>
- Kuswanto, D., Tontowi, AE., 2017, Analisa Akurasi Geometri Penggunaan Metode Injection Moulding berbasis Printer 3D Untuk Produksi Implan Pada Bedah Cranioplasty, akses online 2 Oktober 2017, URL: <https://www.researchgate.net/publication/319038126>
- Roger Narayan, 2014, Rapid Prototyping Of Biomaterials Principles and Application, Woodhead Publishing Limited, 80 High Street, Sawston, Cambridge CB22 3HJ, UK, ISBN: 9780857097217
- Siddharth Bhandari, B Regina, 2014, 3D Printing and Its Applications, *International Journal of Computer Science and Information Technology Research*, Vol. 2, Issue 2, pp: (378-380)



William E. Murphy, 2007, “Using Design-Expert For Enhancing Engineering Experimentation Labs”, ASEE Southeast Section Conference, University Of Kentucky.
....., 2014, An analysis of patenting activity around 3D-Printing from 1990-Current, Patent iNSIGHT Pro™, Gridlogics Technologies Pvt Ltd.



Perhitungan Tingkat Efektivitas Mesin Tsudakoma dengan Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Study kasus PT. XYZ)

Ganis Kurniawati Hadi Putri, Rahmadiyah Dwi Astuti, Bambang Suhardi

Program Studi Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami 36 A, Surakarta 57126, Indonesia

Telp. 0271-6322110

E-mail: ganiskhp117@gmail.com

Intisari

PT. XYZ merupakan sebuah perusahaan industri tekstil yang memproduksi benang, kain, dan juga pakaian jadi. Dalam usaha untuk meningkatkan produktivitas, salah satu faktor yang harus diperhatikan adalah masalah perawatan (maintenance) pada mesin. Salah satu hambatan yang dihadapi perusahaan dalam produksi adalah terjadinya downtime pada mesin. Downtime meliputi mesin berhenti beroperasi akibat kerusakan mesin atau peralatan, bongkar pasang beam, pelaksanaan prosedur setup adjustment dan lain-lainnya. Downtime juga sangat berpengaruh pada perusahaan yang mengakibatkan tidak efisiennya tingkat produksi sehingga target produksi tidak tercapai dan menimbulkan waste. Penelitian ini mengukur nilai OEE pada mesin tenun Tsudakoma selama bulan Januari 2017-Mei 2017 dan menganalisis nilai tersebut, serta menemukan akar penyebab menggunakan diagram sebab akibat. Nilai OEE yang diperoleh secara berturut-turut dalam 5 bulan adalah 66%, 74%, 71%, 67%, 67% yang jauh dibawah standar, standar OEE>85%. Penyebab tidak tercapainya nilai OEE karena tingginya kerusakan setup and adjustment sebesar 7.898%. Berdasarkan diagram sebab akibat yaitu: a. faktor metode yaitu waktu berhenti mesin cukup lama dan autonomous maintenance, b. faktor manusia yaitu setting mesin tidak sempurna dan terjadinya kesalahan perbaikan, c. faktor mesin yaitu mesin kotor dan keadaan sparepart yang rusak sehingga perlu diganti, d. faktor material yaitu ketidakstabilan kualitas bahan baku, spesifikasi beda, benang cross/timbul tenggelam, benang lembut.

Kata Kunci: Total Productive Maintenance (TPM), Overall Equipment Effectiveness (OEE), Six Big Losses, Diagram Sebab Akibat

1. Pendahuluan

Semakin ketat persaingan perusahaan di era globalisasi saat ini perusahaan banyak mencari alternatif agar dapat meningkatkan keuntungan. Setiap produsen dituntut untuk memenuhi permintaan konsumen sesuai dengan spesifikasi tertentu pada waktu yang ditentukan. Untuk memenuhi hal tersebut dapat dilakukan perbaikan untuk menunjang produktivitas pada sistem kerja. Pada sektor industri manufaktur, perbaikan dari sistem manufaktur merupakan salah satu usaha perbaikan yang intensif dilakukan. Untuk mendukung sistem manufaktur tersebut, kinerja dari peralatan-peralatan yang digunakan harus diperbaiki, sehingga dapat digunakan seoptimal mungkin. Namun sering dijumpai tindakan perbaikan atau pemeliharaan yang diambil tidak menyentuh permasalahan yang



sesungguhnya, seperti melakukan kegiatan pemeliharaan yang tidak semestinya atau melakukan pemeliharaan setelah terjadi masalah.

PT. XYZ adalah sebuah perusahaan industri tekstil yang memproduksi benang, kain dan juga pakaian jadi. Pada bagian tekstil khususnya divisi *Weaving* dilakukan proses pertununan benang menjadi kain gray. Bahan baku yang digunakan pada proses ini terbagi menjadi dua jenis yakni benang sebagai bahan baku utama dan bahan pembantu berupa kanji (*sizing material*).

Salah satu hambatan yang dihadapi perusahaan pada produksi ialah sering terjadinya *downtime* mesin utama yang menyebabkan terganggunya produksi, efek dari *downtime* tersebut adalah terjadinya kerusakan mesin yang mengakibatkan menurunnya kecepatan produksi, *adjustment*, atau mesin menghasilkan produk yang cacat. Akibat dari kerusakan tersebut perusahaan berpotensi mengalami kerugian akibat tidak efisiennya tingkat produksi sehingga target produksi tak tercapai dan menimbulkan *waste*.

Di Jepang, konsep TPM disusun oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) pada tahun 1970 berdasarkan pengalaman dari ratusan perusahaan Jepang (Ljungberg, 1998). *Total Productive Maintenance* (TPM) merupakan ide Nakajima yang menekankan pada pendayagunaan dan keterlibatan sumber daya manusia dan sistem *Preventive Maintenance* untuk memaksimalkan efektifitas peralatan dengan melibatkan semua departemen dan fungsional organisasi. Menurut Nakajima (1989) dalam Ljungberg (1998), *Total Productive Maintenance* (TPM) tergantung kepada tiga konsep yaitu memaksimalkan penggunaan peralatan secara efektif, perawatan secara otomatis oleh operator, kelompok aktivitas kecil. Dari tiga hal tersebut OEE dapat digunakan untuk mengabungkan operasi, perawatan dan manajemen dari peralatan manufaktur dan sumber daya (Dal, 1999: 1489). Salah satu kelebihan dari konsep TPM yang sangat menunjang peningkatan produktifitas adalah perhitungan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan total pengukuran terhadap *performance* yang berhubungan dengan *availability* dari proses produktivitas dan kualitas. Pengukuran OEE menunjukkan seberapa baik perusahaan menggunakan sumber daya yang dimiliki termasuk peralatan, pekerja dan kemampuan untuk memuaskan konsumen dalam hal pengiriman yang sesuai dengan spesifikasi kualitas menurut konsumen.

Menurut Hasanah, et al. (2015) dengan perhitungan OEE dapat dilanjutkan dengan perhitungan *six big losses* untuk mengetahui faktor terbesar yang mempengaruhi nilai OEE. Menurut Dutta, et al. (2016) Sebuah skor OEE yang baik dapat diklasifikasikan sebagai:

1. Sebuah skor OEE dari 100% adalah produksi yang sempurna, manufaktur hasil produk yang baik, waktu singkat, tanpa *downtime*.
2. Sebuah skor OEE dari 85% dianggap kelas untuk produsen diskrit.
3. Sebuah skor OEE dari 60% cukup khas untuk produsen diskrit, tapi menunjukkan bahwa ada ruangan yang cukup besar untuk perbaikan
4. Sebuah skor OEE dari 40% ini tidak biasa bagi perusahaan manufaktur baru yang baru mulai melacak dan meningkatkan kinerja mereka. Ini adalah skor terendah dan harus segera diperbaiki.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan perhitungan nilai OEE, yang dilanjutkan dengan perhitungan *six big losses*. Dari perhitungan *six big losses* akan diketahui penyebab kehilangan terbesar sehingga dapat disusun usulan perbaikan untuk meningkatkan efektifitas dari mesin tenun Tsudakoma dengan menggunakan diagram sebab akibat.

2. Metodologi

Penelitian ini mengukur nilai OEE pada mesin tenun Tsudakoma selama bulan Januari 2017-Mei 2017. Pengambilan data produksi mesin tenun Tsudakoma sejumlah 20 mesin. Tahapan



penelitian ini terdiri dari identifikasi masalah yaitu seringnya *downtime* pada mesin berdasarkan studi pustaka serta observasi lapangan, dimana dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung keadaan mesin dan wawancara pada bagian loom weaving. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui kondisi mesin di loom weaving PT. XYZ. Sedangkan wawancara dilakukan langsung dengan manager dan supervisor weaving dengan merumuskan masalah. Tahap selanjutnya yaitu dilakukan pengumpulan data yaitu data kerusakan mesin, jumlah produksi, jumlah produksi defect.

Tahapan berikutnya dilakukan pengukuran nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang dilanjutkan dengan perhitungan *six big losses*. Dari perhitungan *six big losses* akan diketahui penyebab kehilangan terbesar sehingga dapat disusun usulan perbaikan untuk meningkatkan efektifitas dari mesin tenun Tsudakoma dengan menggunakan diagram sebab akibat. Kemudian dilakukan analisis dan interpretasi hasil serta usulan perbaikan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengukuran nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan total pengukuran terhadap *performance* yang berhubungan dengan *availability* dari proses produktivitas dan kualitas.

1. Perhitungan Nilai *Availability Rate*

Tabel 1. Perhitungan Nilai *Availability rate* pada mesin Tsudakoma

Availability Rate										
Tanggal	Jam kerja (menit)	Lembur (menit)	Machine working time (menit)	Planned downtime (menit)	Loading time (menit)	Set up & Adj. (menit)	failure & repair (menit)	Operation time (menit)	Downtime (menit)	Availability rate (%)
Januari	21600	3600	25200	611	24589	2081	806	25863	2887	88%
Februari	21600	3600	25200	611	24589	1469	679	25379	2148	91%
Maret	21600	3600	25200	611	24589	1624	683	25530	2307	91%
April	21600	3600	25200	611	24589	2595	534	26650	3129	87%
Mei	21600	3600	25200	611	24589	1942	757	25774	2699	89%

$$\text{Machine working times} = \text{Jam kerja} + \text{Jam Lembur}$$

$$= (12 \text{ jam kerja mesin} \times 60 \text{ menit} \times 30) + 3600 \text{ menit}$$

$$= 25200 \text{ menit}$$

$$\text{Loading time} = \text{machine working time} - \text{planned downtime}$$

$$= 25200 \text{ menit} - 611 \text{ menit}$$

$$= 24589 \text{ menit}$$

$$\text{Operation time} = \text{loading time} - \text{failure \& repair} + \text{setup \& adjustment}$$

$$= 24589 \text{ menit} - 806 \text{ menit} + 2081 \text{ menit}$$

$$= 25863 \text{ menit}$$

$$\text{Availability Rate} = (\text{Loading time} - \text{downtime}) / (\text{loading time}) \times 100\%$$

$$= (\text{Loading time} - (\text{failure \& repair} + \text{setup \& adjustment})) / (\text{loading time}) \times 100\%$$

$$= (24589 - 2887) / 24589 \times 100\%$$

$$= 88 \%$$



2. Perhitungan Nilai *Performance Rate*

Tabel 2. Perhitungan *Ideal Cycle Time*

Ideal Cycle Time							
Tanggal	Operation time (menit)	Total Downtime (menit)	Jam kerja (%)	Loading time (menit)	Jumlah Produk (unit)	Cycle time (menit/unit)	Ideal cycle time (menit/unit)
Januari	25863	2900	89%	24589	4921	5.148	4.557
Februari	25379	2186	91%	24589	4727	5.412	4.948
Maret	25530	2304	91%	24589	5882	4.241	3.857
April	26650	2825	90%	24589	5146	4.846	4.350
Mei	26349	2790	89%	24589	3649	6.817	6.106

$$\begin{aligned}
 \text{Cycle time} &= (\text{Loading time})/(\text{Jumlah produk}) \\
 &= 24589/4921 \\
 &= 5.148 \text{ menit/unit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ideal cycle time} &= \text{Cycle time} \times \text{persentase jam kerja efektif} \\
 &= 5.148 \times 89\% \\
 &= 4.557 \text{ menit/unit}
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Perhitungan *Performance rate*

Performance Rate						
Tanggal	Operation time (menit)	Target produksi (unit)	Jumlah produksi(output proses) (unit)	Ideal cycle time (menit/unit)	Actual cycle time (menit/unit)	Performance rate (%)
Januari	25863	5807	4921	4.557	5.447	85%
Februari	25379	5342	4727	4.948	5.586	89%
Maret	25530	6717	5882	3.857	4.405	88%
April	26650	6273	5146	4.350	5.254	83%
Mei	25699	4275	3649	6.106	7.138	85%

$$\begin{aligned}
 \text{Actual cycle time} &= (\text{Operating time})/(\text{Output proses}) \\
 &= 25863/4921 \\
 &= 5.447 \text{ menit/unit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Target} &= (\text{Operating time})/(\text{Ideal cycle time}) \\
 &= 25863/4.557 \\
 &= 5807 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Performance Rate} &= \text{Net Operating Rate} \times \text{Operating Speed Rate} \\
 &= (\text{Processed amount} \times \text{actual cycle time})/(\text{operation time}) \times (\text{ideal cycle time})/(\text{actual cycle time}) \\
 &= (\text{Processed amount (unit)} \times \text{ideal cycle time menit/unit})/(\text{operation time (menit)}) \\
 &\quad \times 100\% \\
 &= (4921 \times 4.557)/25863 \times 100\% \\
 &= 85\%
 \end{aligned}$$



3. Perhitungan Nilai *Quality Rate*

Tabel 4. Perhitungan *Quality rate*

Quality Rate			
Tanggal	Pieces produk (unit)	Reject pieces (unit)	Quality rate (%)
Januari	4965	555	88%
Februari	4705	407	91%
Maret	5878	584	90%
April	5156	417	92%
Mei	3649	482	86%

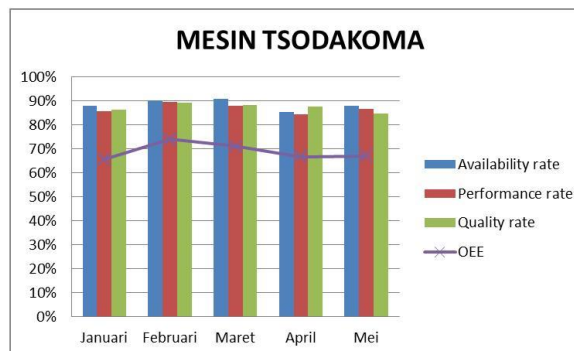
$$\begin{aligned}\text{Quality Rate} &= (\text{Pieces produk} - \text{Reject pieces}) / (\text{Pieces produk}) \times 100\% \\ &= (4965 - 555) / 4965 \times 100\% \\ &= 88\%\end{aligned}$$

Setelah nilai *availability rate*, *performance rate* dan *quality rate* didapatkan, maka selanjutnya adalah menghitung nilai OEE. Hasil perhitungan nilai OEE pada mesin Tsudakoma dapat dilihat pada Tabel 1.5

Tabel 5. Perhitungan Nilai Overall Equipment Effectiveness pada mesin Tsudakoma

Overall Equipment Effectiveness						
Bulan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Rata-rata
Availability rate	88%	90%	91%	86%	88%	88%
Performance rate	86%	90%	88%	84%	87%	87%
Quality rate	86%	89%	88%	88%	85%	87%
OEE	66%	74%	71%	67%	67%	69%

$$\begin{aligned}\text{OEE} &= \text{Availability Ratio} \times \text{Performance Rate} \times \text{Quality Rate} \\ \text{OEE} &= 88\% \times 87\% \times 87\% \\ &= 69\%\end{aligned}$$



Gambar 1. Perhitungan Nilai *Overall Equipment Effectiveness* pada mesin Tsudakoma

Berdasarkan hasil nilai OEE yang diperoleh, Mesin Tsudakoma dibawah *standart world class* yaitu 85%.

3.2 Pengukuran nilai *Six Big Losses*

Untuk mencapai efektivitas peralatan keseluruhan (*overall equipment effectiveness*), maka



langkah selanjutnya yaitu fokus untuk menghilangkan kerugian utama (*six big losses*).

1. Perhitungan *Downtime Losses*

Downtime terdiri dari 2 macam kerugian yaitu:

- *Equipment Failure Losses*

Tabel 6. Perhitungan *Equipment Failure Losses*

Equipment Failure Losses			
Bulan	Equipment Failure time (jam)	Loading time (jam)	Equipment Failure Losses (%)
Januari	13.438	409.820	3.279%
Februari	11.320	409.820	2.762%
Maret	11.388	409.820	2.779%
April	8.900	409.820	2.172%
Mei	12.617	409.820	3.079%
Rata-rata	57.662	409.820	2.814%

$$\begin{aligned}
 \text{Equipment Failure Losses} &= (\text{equipment failure time})/(\text{loading time}) \times 100\% \\
 &= 13.438/409.820 \times 100\% \\
 &= 3.279\%
 \end{aligned}$$

- *Setup and Adjusment Losses*

Tabel 7. Perhitungan *Setup and Adjusment Losses*

Setup and Adjustment Losses			
Bulan	Setup and adjustment time (jam)	Loading time (jam)	Setup and adjustment losses (%)
Januari	34.675	409.820	8.461%
Februari	24.488	409.820	5.975%
Maret	27.063	409.820	6.604%
April	43.248	409.820	10.553%
Mei	32.369	409.820	7.898%
Rata-rata	161.842	409.820	7.898%

$$\begin{aligned}
 \text{Setup and adjusment losses} &= (\text{Setup and Adjustment Time})/(\text{loading time}) \times 100\% \\
 &= 34.675/409.820 \times 100\% = 8.416\%
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan *Speed Losses*

Speed losses terdiri dari dua macam kerugian, yaitu:

- *Idle and Minor Stoppage Losses*

Tabel 8. Perhitungan *Idle and Minor Stoppage Losses*

Idle and Minor Stoppage Losses					
Bulan	Operation time (jam)	Actual production time (jam)	Ideal cycle time (jam)	Loading time (jam)	Idle and minor stoppage losses (%)
Januari	97	82	0.076	409.820	0.274%
Februari	89	79	0.082	409.820	0.206%
Maret	112	98	0.064	409.820	0.218%
April	105	86	0.072	409.820	0.332%
Mei	71	61	0.102	409.820	0.259%
Rata-rata	95	81	0.079	409.820	0.258%

$$\begin{aligned}
 \text{Idle and Minor Stoppage Losses} &= ((\text{Operation time}-\text{Actual production time}) \times \text{ideal cycle time})/(\text{loading time}) \times 100\% \\
 &= (97-82) \times 0.076/409.820 \times 100\% \\
 &= 0.274\%
 \end{aligned}$$



- *Reduce Speed Losses*

Tabel 9. Perhitungan *Reduce Speed Losses*

Reduce Speed Losses					
Bulan	Actual cycle time (jam)	Ideal cycle time (jam)	Total produk yang diproses	Loading time (jam)	Reduce speed losses (%)
Januari	0.091	0.0760	82	409.820	0.297%
Februari	0.093	0.0825	79	409.820	0.204%
Maret	0.073	0.0643	98	409.820	0.219%
April	0.088	0.0725	86	409.820	0.315%
Mei	0.119	0.1018	61	409.820	0.255%
Rata-rata	0.093	0.0794	81	409.820	0.258%

Reduce Speed Losses

$$= ((\text{Actual cycle time} - \text{ideal cycle time}) \times \text{total produk yang diproses}) / (\text{loading time}) \times 100\%$$

$$= (0.091 - 0.0760) \times 82 / 409.820 \times 100\%$$

$$= 0.297\%$$

3. Perhitungan Quality Losses

Quality losses terdiri dari 2 macam, antara lain:

- *Deffect Losses*

Tabel 10. Perhitungan *Deffect Losses*

Deffect Losses				
Bulan	Total reject (jam)	Ideal cycle time (jam)	Loading time (jam)	Deffect Losses (%)
Januari	9.251	0.076	409.820	0.171%
Februari	6.780	0.082	409.820	0.136%
Maret	9.737	0.064	409.820	0.153%
April	6.946	0.072	409.820	0.123%
Mei	8.033	0.102	409.820	0.199%
Rata-rata	8.149	0.079	409.820	0.157%

$$\text{Deffect Losses} = (\text{total reject} \times \text{ideal cycle time}) / (\text{loading time}) \times 100\%$$

$$= 9.251 \times 0.076 / 409.820 \times 100\%$$

$$= 0.171 \%$$

- *Reduced Yield*

Tabel 11. Perhitungan *Reduced Yield*

Reduced Yield				
Bulan	Ideal cycle time (jam)	Reduced yield	Loading time (jam)	Reduced yield (%)
Januari	0.076	0	409.820	0%
Februari	0.082	0	409.820	0%
Maret	0.064	0	409.820	0%
April	0.072	0	409.820	0%
Mei	0.102	0	409.820	0%
Rata-rata	0.079	0.000	409.820	0%

$$\text{Reduced Yield} = (\text{ideal cycle time} \times \text{reduced yield}) / (\text{loading time}) \times 100\%$$

$$= 0.076 \times 0 / 409.820 \times 100\%$$

$$= 0\%$$

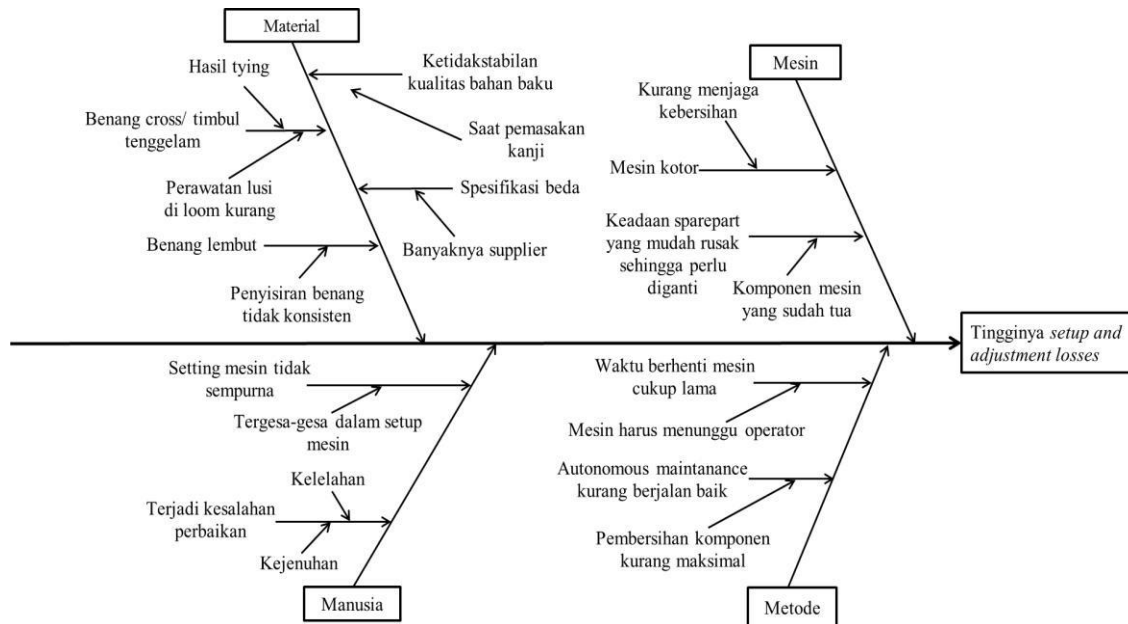


Tabel 12. Hasil Perhitungan *Six Big Losses*

Hasil Perhitungan Six Big Losses						
Six Big Losses	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Rata-rata
Equipment Failure Losses	3.279%	2.762%	2.779%	2.172%	3.079%	2.814%
Setup and Adjustment Losses	8.461%	5.975%	6.604%	10.553%	7.898%	7.898%
Idle and Minor Stoppage Losses	0.274%	0.206%	0.218%	0.332%	0.259%	0.258%
Reduce Speed Losses	0.297%	0.204%	0.219%	0.315%	0.255%	0.258%
Defect Losses	0.171%	0.136%	0.153%	0.123%	0.199%	0.157%
Reduced Yield	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%

Persentase rata-rata kerugian yang didapat perusahaan akibat *equipment failure losses* sebesar 2.814%, *setup and adjustment losses* sebesar 7.898%, *idle and minor stoppage losses* sebesar 0.258%, *reduce speed losses* sebesar 0.258%, *defect losses* sebesar 0.157%, dan *reduced yield* sebesar 0%. Kerugian yang paling tinggi yaitu *setup and adjustment losses* sebesar 7.898%.

3.3 Diagram sebab akibat/Fishbone



Gambar 2. Diagram Sebab Akibat

Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *setup and adjustment* disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

1. Metode

Terjadinya *downtime* disebabkan mesin harus menunggu dalam waktu yang lama karena operator tidak segera melakukan perbaikan. Operator diberi tugas untuk memegang 8-10 mesin, sehingga banyak mesin yang mengantri untuk menunggu perbaikan. Mesin yang sering mati ketika benang lusi putus, *Autonomous maintenance* kurang berjalan baik dikarenakan pembersihan komponen kurang maksimal sehingga mesin sering trouble.

2. Manusia

Perbaikan yang dilakukan ketika setting mesin tidak sempurna atau tergesa-gesa saat setup mesin sehingga mengakibatkan sering terjadinya trouble. Operator yang mengalami kelelahan



menyebabkan terjadinya kesalahan pada saat setting mesin.

3. Material

Saat mesin beroperasi benang mengalami cross/timbul tenggelam dimana benang hilang ditengah disebabkan serat-serat pada kain tidak rapi. Perawatan benang lusi diloom kurang, sehingga menyebabkan hasil tying yang kurang baik. Belum adanya standar spesifikasi kain pada perusahaan.

4. Mesin

Kondisi mesin yang sudah tua mengakibatkan mesin sering mati sehingga perlu ada penggantian sparepart yang rusak. Kondisi mesin yang kotor (debu yang menempel di mesin) mengakibatkan mesin sering macet atau lebih mudah aus.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Persentase rata-rata nilai *availability rate* mesin Tsudakoma yaitu 88%, Persentase rata-rata nilai *performance rate* mesin Tsudakoma yaitu 87%, Persentase rata-rata nilai *quality rate* mesin Tsudakoma yaitu 87%, Persentase rata-rata nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mesin Tsudakoma yaitu 69%.
2. Persentase rata-rata kerugian yang didapatkan perusahaan akibat *Equipment Failure Losses* sebesar 2.814%, Persentase rata-rata kerugian yang didapatkan perusahaan akibat *Setup and Adjustment Losses* sebesar 7.898%, Persentase rata-rata kerugian yang didapatkan perusahaan akibat *Idle and Minor Stoppage Losses* sebesar 0.258%, Persentase rata-rata kerugian yang didapatkan perusahaan akibat *Reduce Speed Losses* sebesar 0.258%, Persentase rata-rata kerugian yang didapatkan perusahaan akibat *Defect Losses* sebesar 0.157%, Persentase rata-rata kerugian yang didapatkan perusahaan akibat *Reduced Yield* sebesar 0%.
3. Penyebab tidak tercapainya nilai OEE karena tingginya kerusakan *setup and adjustment* berdasarkan: a. faktor metode yaitu waktu berhenti mesin cukup lama dan autonomous maintenance, b. faktor manusia yaitu setting mesin tidak sempurna dan terjadinya kesalahan perbaikan, c. faktor mesin yaitu mesin kotor dan keadaan sparepart yang rusak sehingga perlu diganti, d. faktor material yaitu ketidakstabilan kualitas bahan baku, spesifikasi beda, benang cross/timbul tenggelam, benang lembut.

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian ini adalah melanjutkan penelitian ini dengan mengimplementasikan hasil dari sebab akibat sehingga dapat meningkatkan nilai OEE dan mengurangi nilai *Six big losses*.

Daftar Pustaka

- Almeanazel and Osama, T., 2010, Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, Vol. 4 No. 4, pp 517 – 522.
- Angga, P., 2010, *Tugas Akhir: Analisis Efektivitas dan Efisiensi Proses Manufaktur pada Produksi Minuman Mountea PT. Sekawan Maju Sejahtera Bogor*, Jurusan Ekonomi Fakultas Ekonomi dan Manajemen Universitas Institut Pertanian Bogor.
- Calculating – OEE, akses online 13 September 2017, URL: www.oee.com.
- Chandrasa, S., and Mohamad, S., 2016, Improving Productivity Based on Evaluation Score of Overall Equipment Effectiveness (OEE) Using DMAIC Approach on Blistering Machine, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, ISSN: 2319-7064, Vol. 5 Issue 7 Dianra, A.,



- Hendro, P., and Yanti, H., 2015, Usulan Peningkatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Mesin Tapping Manual dengan meminimumkan Six Big Losses, *Jurnal Teknik Industri Itenas*, Vol. 03 No. 03, ISSN: 2338-5081.
- Dyah, I., and Nadia, C., 2014, Analisis Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dan Six Big Losses Pada Mesin Cavitec Di PT. Essentra Surabaya, *Jurnal Teknik Industri*, ISBN: 978-602-1180-04-4
- I Made, P., and Meriastuti, G., 2012, Usulan Peningkatan Performa Mesin K413 Berdasarkan Analisis Nilai Overall Equipment Effectiveness Pada Divisi Knitting Di PT Mulia Knitting Factory, *Jurnal Teknik*, Vol. 01 No. 04
- Khalishah, L., and Pramono, D., 2016, Evaluasi Peningkatan Kinerja Produksi melalui Penerapan Total Productive Maintenance di PT. Xacti Indonesia, *Jurnal Manajemen dan Organisasi*, Vol VII, No 1.
- Nakajima, S., 1989, TPM Development Program Implementing Total Productive Maintenance.Productivity, *Press Inc, Cambridge*
- Orjan, L., (1998), Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for RPM activities, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 18 Iss:5 pp. 495-507



Manufaktur Rangka Sepeda Balap Dari Bahan Serat Karbon Dengan Metode *Wrapped On Foam*

Heru SB Rochardjo, Taufik Junaidi

Lab CNC/CAD-CAM, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada
Jln. Grafika No. 2, Yogyakarta 55581
Telp. 0274-521673
E-mail: heru-sbr@ugm.ac.id

Intisari

Sepeda balap memerlukan struktur yang kuat, kaku dan ringan. Untuk itu, banyak sepeda dibuat dari komposit serat karbon, di samping material lain yang ringan seperti aluminium dan titanium paduan. Pembuatan rangka sepeda dengan komposit memerlukan cara tertentu agar didapat rangka yang padat, dan sesuai dengan bentuk desain. Pada paper ini dilakukan eksperimen pembuatan rangka sepeda dengan metode “wrapped on foam”, di mana serat karbon yang dilumuri resin dibungkuskan ke rangka yang terbuat dari PU foam yang dicetak sesuai desain. Dengan metode ini didapatkan bentuk rangka sepeda balap sesuai desain dengan berat rangka 2,89 kg. Modulus yang didapat adalah 129,9 GPa, dan kuat tarik sebesar 2006,4 MPa.

Kata Kunci: rangka sepeda balap, komposit serat karbon, wrapped on foam method

1. Pendahuluan

Sepeda adalah kendaraan beroda dua atau tiga, mempunyai setang, tempat duduk, dan sepasang pengayuh yang digerakkan kaki untuk menjalankannya. Sejak awal abad ke-18 orang mengenal alat transportasi roda dua yang dinamai *velocipede*. Bertahun-tahun, *velocipede* menjadi satu-satunya istilah yang merujuk hasil rancang bangun kendaraan dua roda. Komponen terpenting dalam sepeda adalah *frame* karena *frame* menopang beban pengendara dan menyambungkan berbagai komponen-komponen yang lainnya sehingga tercipta bentuk sepeda secara utuh. Material penyusun *frame* sepeda biasanya terbuat dari baja (Jacobson, 2012), dan (Rontescu, 2015), *chrom Alloy* (Kocabiyik, 2004), *aluminium alloy* (Dwyer, (2012) dan (Suyitno and Salim 2014), titanium (Brookes, 2014) dan (Nickels, 2014) dan serat karbon (Schroeder, 2006), (Kumar, 2015) dan (Bere, 2014). Bahkan bisa juga dibuat dari batang bambu (Andres, 2014) dan (Frandeen (2012).

Sebuah sepeda balap, adalah sepeda yang dirancang untuk bersepeda di jalan halus yang kompetitif dalam sebuah kompetisi balap sepeda, sebuah olahraga yang diatur menurut peraturan Union Cycliste Internationale (UCI). Karakteristik yang paling penting pada sepeda balap adalah berat dan kekakuannya, yang menentukan efisiensi di mana kekuatan dari pedal yang dikayuh pengendara dapat ditransfer ke poros penggerak dan kemudian sampai ke roda rodanya. Untuk sepeda balap, sering harus mengorbankan kenyamanannya, karena kecepatan lah yang terpenting. Setang setir diposisikan lebih rendah dari sadel tempat duduk agar bisa memposisikan pengendara dengan postur yang lebih aerodinamis. Roda depan dan belakang saling berdekatan sehingga sepeda cepat dan mudah dihandle. Rasio gigi sangat dekat sehingga pengendara dapat mengayuh sepeda dalam irama optimumnya. Sepeda balap lainnya, terutama yang digunakan dalam uji coba waktu, memprioritaskan aerodinamis daripada kenyamanan.



Pada umumnya, rangka sepeda dibuat dengan empat bagian atau *quaddrapple monocoque*, atau tiga bagian *trippel monocoque* (Schroeder, 2006). Dwyer mengembangkan proses pembuatan sepeda gunung dengan bahan aluminium 6061-T6 dengan penyambungan masing-masing bagian dengan las (Dwyer, 2012). Pembuatan rangka sepeda dengan material titanium juga bisa dilakukan dengan metode *3D printing* (Brookes, 2014). Sedangkan Suyitno dan Salim (2014) membuat rangka sepeda utuh dari aluminium dengan metode tuang (*casting*).

Frame sepeda dari bahan komposit serat karbon dibuat menggunakan cetakan. Ada beberapa metode dalam mencetak komponen mesin dengan bahan komposit, diantaranya adalah *compression molding*, *hand lay-up*, *vacuum bag molding*, *Resin Transfer Molding (RTM)* dan lain-lain. Material cetakan biasanya terbuat dari baja dan aluminium. Kekurangan material tersebut adalah mahal dan berat.

Untuk mendapatkan komponen mesin dengan bahan komposit yang kuat dan kaku diperlukan kandungan serat, atau fraksi volume serat, yang setinggi mungkin dengan kandungan void yang sesedikit mungkin. Secara teoritis, fraksi volume serat dalam komposit yang paling tinggi yang bisa dicapai adalah 0,907 (Gibson, 2012). Sayangnya, karena membutuhkan material yang lebih isotropis, komposit yang dipakai dalam komponen mesin, pada umumnya terbuat dari *woven mat*, dimana jumlah serat yang menahan beban searah, hanya setengah dari seluruh jumlah serat yang ada. Jadi, fraksi volume serat yang sesungguhnya terpakai untuk menahan beban searah adalah setengahnya saja, atau secara teoritis paling tinggi hanya 0,453. Kekakuan dan kekuatan komposit bisa langsung diperkirakan dari fraksi volume serat dengan *rule of mixture*. Jika kontribusi matriks diabaikan, maka kekakuan dan kekuatan komposit adalah setengah dari kekakuan dan kekuatan serat. Dalam praktek, hasil dari manufaktur komposit tidak bisa mencapai fraksi volume serat yang setinggi fraksi volume serat teoritis. Tinggi rendahnya fraksi volume serat ini tergantung metode pembuatan komposit tersebut. Karena itu, metode pembuatan menjadi hal yang penting dalam manufaktur komponen mesin dengan komposit.

Dalam paper ini dilakukan manufaktur *frame* sepeda balap dengan menggunakan bahan komposit serat karbon. Material cetakan menggunakan *Necuron 651* yang biayanya lebih murah dan lebih ringan. Metode dalam proses manufaktur menggunakan *Wrapped on Foam*, yaitu metode pembuatan komposit dimana serat yang basah oleh resin dililitkan ke bahan foam yang ringan.

2. Metodologi

2.1 Alat dan Bahan

- a. Serat Karbon
Bahan ini adalah bahan utama dalam pembuatan *frame* sepeda. Bahan ini tersusun dari serat-serat yang dianyam (*woven*) yang berbentuk lembaran panjang.
- b. Necuron 651
Bahan ini digunakan sebagai bahan cetakan *frame* sepeda balap. Bahan ini berbentuk papan memiliki struktur yang sangat halus. Bahan ini cocok untuk pemodelan master dan pemodelan *copy* serta pemodelan pada umumnya. Bahan ini tidak melepaskan debu yang berbahaya ketika proses permesinan.
- c. PU Foam
PU Foam ini sebuah cairan terdiri dari *polyurethane A* dan *polyurethane B*. jika kedua cairan ini dicampurkan akan bereaksi membentuk sebuah gabus. PU *foam* ini sangat mudah dibentuk berbagai macam bentuk sesuai dengan bentuk cetakannya.
- d. Resin Epoksi

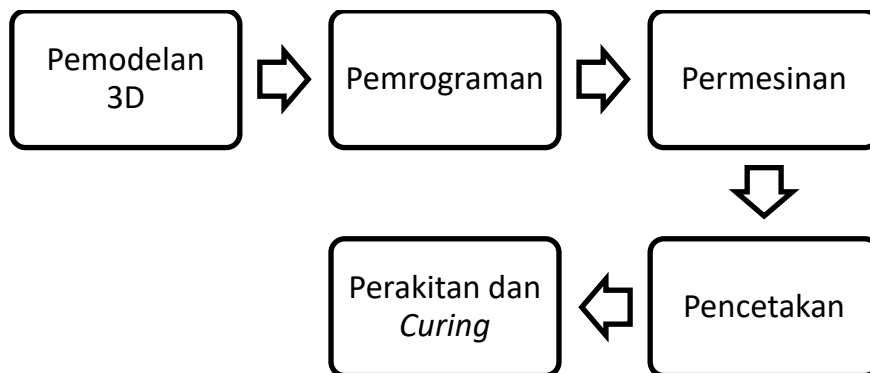


Matrik yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan resin epoksi. matrik ini tersusun dari dua buah cairan yaitu cairan A dan cairan B. Cairan A sebagai cairan resin epoksi sedangkan cairan B sebagai pengeras.

- e. *Mirror Glaze*
Bahan ini digunakan untuk anti lengket dari PU *foam* dan serat karbon ketika dicetak. Sehingga akan memudahkan dalam melepas hasil cetakan dari cetakan. Selain itu fungsi *mirror glaze* membantu menghaluskan permukaan hasil cetakan.
- f. *Software CAD*
Software ini digunakan untuk pemodelan 3D *frame* sepeda dan cetakannya.
- g. *Software CAM*
Software ini digunakan untuk mengubah model 3D cetakan *frame* sepeda menjadi program NC.
- h. Mesin CNC 5-Axis
Mesin ini digunakan untuk memanufaktur cetakan menjadi bentuk yang nyata. Pada penelitian ini membutuhkan mesin CNC 5-axis digunakan untuk proses permesinan daerah samping material.

2.2 Proses manufaktur

Alur proses manufaktur *frame* sepeda balap dari bahan serat karbon diawali dari Proses pemodelan 3D yang digunakan untuk membuat cetakan dan *frame* sepeda dengan bantuan *software CAD*. Selanjutnya dilakukan proses pemrograman yaitu proses untuk membuat program CNC dalam bentuk *G-code*. Kemudian, dilanjutkan dengan proses permesinan dengan menggunakan mesin CNC 5-axis untuk membuat cetakan. Proses selanjutnya yaitu proses pencetakan yang bertujuan mencetak *core* dari bahan PU *foam* dan kemudian mencetak *frame* dari bahan serat karbon. Langkah terakhir yaitu proses perakitan dan proses *curing* pada *frame* sepeda. Urutan pengerjaan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Proses Manufaktur

3. Hasil dan Pembahasan

a. Pemodelan 3D

Dengan menggunakan program CAD, bentuk sepeda didesain seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Desain *frame* sepeda menggunakan tripple monocoque sehingga yang menahan beban terletak pada permukaan kompositnya dan terpotong menjadi 3 komponen yaitu main *triangle*, *chain stay* dan *seat stay* serta komponen tambahan yaitu *real dropout*. Oleh karena itu, dapat memperringan berat *frame* sepeda. Pada setiap sambungan didesain dengan menggunakan nilai suaian sebesar 0.1 mm.



Pemodelan cetakan ini terbagi menjadi 3 pasang cetakan yaitu main triangle, chain stay dan seat stay menjadi satu, dan rear dropout kanan dan kiri menjadi satu cetakan. Pada cetakan main triangle yang besar maka dibagi menjadi 3 bagian.



Gambar 2 Model 3D frame sepeda

b. Pemrograman

Pemrograman adalah proses pengubahan gambar 3D menjadi perintah-perintah dalam pemesinan CNC, yaitu menjadi program *G-code*. Proses pengubahan ini dilakukan dengan bantuan software MasterCam. Beberapa penyesuaian harus dilakukan agar urutan proses pengerjaan oleh mesin sesuai dengan yang dibutuhkan. Toleransi dalam pembuatan program ini sebesar 0.025. Proses *surface finish* merupakan proses yang terpanjang dari yang lainnya karena kedalaman pemakanannya sangat sedikit yaitu 0.4 mm. Pada pemrograman ini dibuat dua buah program cetakan dengan nilai offset 2 mm sebagai tebal serat karbon. Cetakan negative digunakan untuk membuat core dari bahan PU foam dan cetakan positif digunakan untuk membuat frame sepeda dari bahan serat karbon.

c. Permesinan

Proses permesinan menggunakan Mesin CNC 5-axis yang akan membentuk cetakan. Mesin ini beroperasi melakukan *surface finish* di posisi bidang permukaan atas dan proses milling di posisi bidang permukaan depan. Hasil dari proses permesinan adalah 2 buah cetakan yaitu cetakan PU foam dan komposit. Dimana cetakan untuk komposit lebih besar sedikit dari cetakan PU foam.

d. Mencetak bahan serat karbon

Proses awal mengolesi anti lengket pada cetakan positif. Sebelum mencetak serat karbon dipotong-potong sesuai pola yang telah dibuat, pola dibuat menggunakan kertas ditempel ke core *PU foam*. Selanjutnya menimbang resin epoksi A dan B dengan perbandingan 1: 2 dengan carian pengeras yang lebih sedikit. Tujuannya agar mengering lebih lama sehingga akan membantu memudahkan memasang karbon yang memerlukan waktu yang lama. *PU-foam* yang dituangkan ke dalam cetakan bisa mengisi seluruh ruangan cetakan dengan baik dalam waktu singkat, membentuk pola positif bentuk sepeda. Kemudian resin dioleskan ke serat karbon dan ditempelkan ke body core.



Untuk mendapatkan komposit dengan tebal 2 mm, diperlukan lapisan serat karbon *woven mat* sebanyak 6 lapis. Setelah itu dimasukkan kedalam cetakan yang sebelumnya sudah diberi lapisan resin luar pada cetakan tersebut. Waktu kering tergantung pada besar ukuran cetakan. Jika ukuran cetakan besar maka waktu keringnya lebih lama.

e. Perakitan dan Curing

Selanjutnya, komponen-komponen frame dirakit menjadi satu, dengan menggunakan resin. Hasil jadi setelah dirakit ditunjukkan pada Gambar 3.

f. Post Curing

Proses terakhir adalah proses *post curing*. Pada suhu kamar, epoxy resin yang dipakai bisa terjadi curing dalam waktu yang relatif pendek. Akan tetapi untuk mendapatkan kesempurnaan proses curing diperlukan *post cure*. Proses ini dilakukan dengan mengopen dengan suhu sebesar 120°C selama kurang lebih 1 jam. Agar tidak terjadi perubahan bentuk, maka proses ini dilakukan dalam kondisi rangka diikat pada suatu jig yang kuat.

Setelah proses ini, maka didapatkan frame sepeda dengan berat sebesar 2.89 kg dengan core masih didalam frame sepeda. Fraksi volume serat adalah 0,64. Modulus elastisitas pada *frame* sepeda sebesar 129,9 GPa dan kekuatan tarik pada *frame* sepeda sebesar 2006,4 MPa. Kekakuan dan kekuatan sebesar ini cukup tinggi dibandingkan dengan aluminium dan baja, dimana kekakuan dan kekuatannya berturut-turut adalah 69 GPa dan 310 MPa untuk aluminium dan 200 GPa dan 1030 MPa untuk baja.



Gambar 3 Rangka sepeda yang sudah jadi

4. Kesimpulan

- Telah dapat dibuat rangka sepeda dengan komposit serat karbon menggunakan metode *wrapped on foam*. Hasilnya adalah rangka sepeda yang sesuai dengan bentuk desain.
- Sifat lapisan komposit pada sepeda balap tersebut adalah modulus elastisitas sebesar 129,9 GPa dan kekuatan tarik sebesar 2006,4 MPa.
- Hasil dari proses manufaktur telah mendapatkan sebuah *frame* sepeda balap dari bahan serat karbon dengan seberat 2.89 kg.

Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada DTMI FT UGM yang telah mendukung sebagian dana pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

Andres M., 2014, *Design for Bamboo Bicycle Frame*, Worcester Polytechnic Institute, USA



- Bere, P, dkk., 2014, Design and Analysis of Carbon/Epoxy Composite Bicycle Handlebar, *Researchgate*, Juni, vol 51, no.2, pp 145-149
- Brookes K.J.A., 2014, *PM Additive Manufacturing Steels The Mach Show*, Metal Powder Report, UK.
- Campbell F.C., 2010, *Structural Composite Materials*, 1st, ASM International, USA
- Dwyer F., dkk, 2012, *Material and Design Optimization for An Aluminum Bike Frame*, Worcester Polytechnic Institute, USA
- Frandeen B., 2012, *Madade Bambusero The Design and Fabrication of A Bamboo Bicycle*, Polytechnic State University, California.
- Gibson, RF, 2012, *Principles of Composite Materials Mechanics*, 3rd Ed., Taylor and Francis, CRC Press, USA..
- Jacobson D.M, dkk, 2012, The Development of New Silver-Free Brazing Alloys for Steel Tubular Assembly, *Welding Journal*, USA
- Kocabiyik E., 2004, *Engineering Concepts in Industrial Product Design With A Case Study of Bicycle Design*, Zmir Institute Of Technology, İzmir, Turkey
- Kumar G.S., Naresh B., dan Sunil C., 2015, Fabrication of Carbon Fibre Bike Mudguard, *ijiset*, November, vol 2, no 11, pp 776-782.
- Nickels L., 2014, *3D Printing The World's First Metal Bicycle Frame*, MRP, UK
- Rontescu C., dkk, 2015, Choosing The Optimum Material For Making A Bicycle Frame, *Metalurgua*, vol.4, pp 679-682
- Schroeder M., 2006, FACT (Functional Advanced Composite Technology) Carbon, Specialized Bicycle Components, akses online 28 Septemebr 2016, URL: <http://www.velocity.nnov.ru/?id=6453>
- Suyitno, Salim U.A., 2014, Fabrication of Bicycle Frame of A356 Aluminum Alloys by Using Sand Casting, *Applied Mechanics and Materials* Vol. 758 pp 131-135, Trans Tech Publications, Switzerland.



Pengembangan Canting Cap Berbahan Plastik Menggunakan Teknologi *Additive Manufacturing*

Kurniawan Hamidi, M. Arif Wibisono, dan I.G.B. Budi Dharma

Departemen Teknik Mesin Dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Teknik Utara No. 2, Yogyakarta 55284
Telp: +62274521673
E-mail: khmd93@gmail.com

Intisari

Pada saat ini, pasar batik lebih meminati product custom dengan variasi motif yang tinggi dengan jumlah produksi yang beragam sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut diperlukan teknologi dalam membuat canting cap yang memiliki fleksibilitas dan produksi dalam waktu yang singkat. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk menemukan setup permesinan yang tepat pada pembuatan desain dan menilai efektifitas penggunaan plastik sebagai bahan dalam membuat motif cap. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode perancangan desain dan penilaian skala hasil pengecapan menggunakan metode expert judgement. Pada perancangan desain digunakan dua sample motif dengan tiga indikator penilaian yaitu; kesinambungan lintasan motif, ketebalan hasil pengecapan dan ketembusan "malam". Telah didapatkan hasil bahwa untuk menghasilkan canting dengan motif cap yang baik peneliti menggunakan proses setup printing filler solid dan rigid dengan dense support 8 layers dan surface part 3 layer serta lebar garis optimal 2,5 hingga 3 mm. Hasil optimasi dengan variabel garis lurus menunjukkan bahwa lama pemanasan canting cap selama 7 menit dimulai setelah malam mencair seluruhnya memiliki pengaruh terhadap hasil ketembusan malam pada variabel yang dioptimasi. Selain itu, didapatkan pula selisih rata rata hasil pengecapan dengan lebar garis motif sebenarnya yang terbaik adalah lebar garis motif 2,5 mm dan 3mm dengan jumlah pengecapan maksimal sampai rusak sebanyak 65 kali dan 118 kali pengecapan dan lama pencelupan agar tidak terjadi deformasi adalah 8 menit. Selain itu, dari perbandingan perhitungan biaya dan lama produksi canting berbahan plastik ABS lebih murah dan lebih cepat untuk diproduksi persekali produksi dibandingkan dengan canting cap berbahan Aluminium.

Kata Kunci: Perancangan Canting Cap, Rapid Prototyping.

1. Pendahuluan

Pada kasus produksi batik cap, produksi selalu disesuaikan dengan kebutuhan pasar. Pada saat ini kebutuhan konsumen batik cap berpatok pada variasi motif yang banyak dengan jumlah produksi yang cukup banyak. Akibatnya pihak pabrik secara tidak langsung dituntut untuk selalu mengembangkan konsep produksi terbaru dengan memanfaatkan teknologi permesinan dalam proses produksi batik cap. Pemanfaatan teknologi tersebut bertujuan untuk memenuhi fleksibilitas pembuatan canting cap. sehingga pada fase proses pengadaan cap, desain motif dapat dibuat secara cepat.

Pada penelitian mengenai pengembangan tool cap berbahan Aluminium dengan proses subtractive manufacturing menggunakan mesin bubut CNC telah didapatkan hasil bahwa pada sampel motif garis lengkung dan tidak simetri membutuhkan waktu pengerjaan 489,6 jam untuk skala desain



motif 1:1 dari skala sebenarnya. Hal ini tentu dirasa kurang memuaskan walaupun secara proses pengerjaan dengan mesin memang cepat. Tetapi, pada proses persiapan permesinan masih membutuhkan waktu yang lama. Lamanya waktu saat persiapan permesinan disebabkan oleh proses pengkodean desain yang akan dikerjakan. Selain itu, proses pengkodean membutuhkan skill operator yang tinggi dalam menggunakan software Artcam.

Berdasarkan latar belakang dari kasus diatas, maka fleksibilitas manufaktur dalam membuat cap dengan konsep ide terbaru dijadikan landasan pokok dalam membuat cap. Sehingga dirumuskan beberapa permasalahan yaitu: menentukan spesifikasi canting cap dan melakukan perancangan canting cap. Kemudian diikuti dengan pengujian prototipe serta membandingkan lama waktu proses dan biaya pembuatan canting cap berbahan baku plastik dengan bahan baku alumunium.

Pada kasus penelitian ini, diasumsikan bahwa bahan untuk membuat motif canting dengan fleksibilitas yang baik adalah plastik. diasumsikan pula bahwa penggunaan plastik pada penelitian ini mampu memenuhi kebutuhan produksi untuk mengerjakan produk dengan variasi motif yang banyak. Adapun batasan pada penelitian ini adalah penggunaan teknologi permesinan memakai mesin 3D UP *printer* sehingga penyesuaian setup permesinan yang didapatkan selama proses penelitian hanya efektif digunakan untuk mesin 3D UP *printer*.

Tujuan pada penelitian ini adalah merancang desain dan membuat prototipe canting cap dari sample motif yang telah diseleksi serta menilai efektifitas dan fleksibilitas penggunaan prototipe pada tahap proses pengecapan batik.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah canting cap berbahan plastik ABS diharapkan dapat menjadi opsi pilihan dalam menyelesaikan masalah pembuatan canting cap berbasis teknologi dengan tingkat variasi yang tinggi dan jumlah produksi yang beragam. Serta diharapkan mampu meningkatkan jumlah produksi batik cap dan memenuhi kebutuhan konsumen batik cap.

2. Metodologi

Pada penelitian terdapat beberapa metode yang digunakan pada setiap tahapan pengerjaan produk, seperti pada gambar 1.

2.1. Studi Pustaka Canting Cap Bahan Alumunium

Proses studi pustaka mengenai canting cap bahan Alumunium bertujuan untuk mendapatkan hasil uji pengecapan dan lama waktu serta total biaya yang dihabiskan dalam membuat 1 buah canting cap bahan Alumunium.

2.2. Membuat desain

Setelah seluruh tahapan perancangan produk dibuat maka selanjutnya adalah tahapan pembuatan desain dengan skala yang ditentukan pada tahap ini, digunakan 2 sample motif seperti yang terlihat pada gambar 2 dan gambar 3. Sampel 1 merupakan sampel motif blok dan simetri. Sedangkan sampel motif 2 merupakan sampel motif garis lengkung. Motif Batik 1 memiliki ukuran dimensi 100×100 mm. Canting cap 1 secara visual memiliki bentuk motif yang simetri. Metode yang digunakan dalam membentuk desain motif batik 1 melakukan pengukuran diameter panjang dan lebar, karena bentuk motif adalah oval. Setelah diukur, peneliti membuat desain canting cap batik menggunakan *software* Autodesk Inventor 2014. Sampel 2 merupakan sampel motif garis lengkung dan tidak simetri. Motif 2 memiliki ukuran dimensi 200mm×230 mm. Metode yang digunakan dalam membentuk desain motif batik 2 adalah memotret gambar motif menjadi data .jpeg lalu gambar motif di-*rebuild* menggunakan *software* Corel Draw menjadi gambar 2 dimensi, kemudian hasil *rebuild* dibentuk menjadi gambar 3 dimensi menggunakan *software* Autocad 2015. Lalu gambar diubah menjadi format (.stl).



2.3. Mengatur Setup Mesin UP 3D

Mengatur setup mesin ialah proses setup untuk menentukan hasil printing yang tepat. Setelah format *file* diubah selanjutnya melakukan persiapan mesin. Persiapan yang paling penting adalah terletak pada bagian *setting*. Terdapat 3 kelompok *setting* sebelum proses pencetakan motif yaitu:

1. Persiapan *Nozzle*
Mengatur ketinggian *nozzle* dari meja kerja.
2. Setting Profil cetakan.
Pemilihan *resolution extrude* pada profil cetakan dan profil *filler*
3. Setting untuk membentuk *support*
Pembentukan *support* dibentuk dengan format *setting angle space line*, area dan *dense layer*.

2.4. Membuat Prototipe

Tahap membuat prototipe bertujuan untuk mendapatkan hasil varietas desain yang tinggi. Tahapan ini didahului dengan mensetup meja kerja dengan klik *maintenance* lalu turunkan meja kerja dengan klik “*to bottom*”. Setelah itu melakukan tahapan memanaskan *nozzle* hingga sampai suhu ± 210 °C. Selama pemanasan software tidak dapat dioperasikan. Mesin akan mengeluarkan bunyi panjang saat pemanasan telah selesai bersamaan mengeluarkan sedikit extruder filament sebagai uji coba saat mesin berada pada proses pemanasan.. Setelah selesai pemanasan membuang extruder filament yang dikeluarkan oleh *nozzle* dengan tang dan bersihkan ujung *nozzle*, lalu *quit* proses *maintenance*.

Setelah mesin panas maka dilanjutkan ke tahap mencetak motif. File motif 1 dan 2 yang telah berformat .stl satu persatu dibuka, jika salah satu proses pencetakan selesai dibuat maka lakukan pengulangan untuk proses pencetakan motif berikutnya. Tahapan pencetakan dengan klik *print* lalu klik ok dan tunggu lah beberapa hingga muncul dialog box yang memberikan informasi jumlah layer (dapat diabaikan) lalu klik “no”. Setelah klik “no” maka akan muncul pemberitahuan mengenai berat bahan ABS *plastic* yang terpakai dan lama waktu proses pencetakan.

Dari proses pencetakan motif didapatkan lama waktu pencetakan yang kemudian dikombinasikan dengan waktu proses pembuatan tangkai cap, base layer kayu, hingga waktu assembly semua part menjadi sebuah tool canting cap batik.

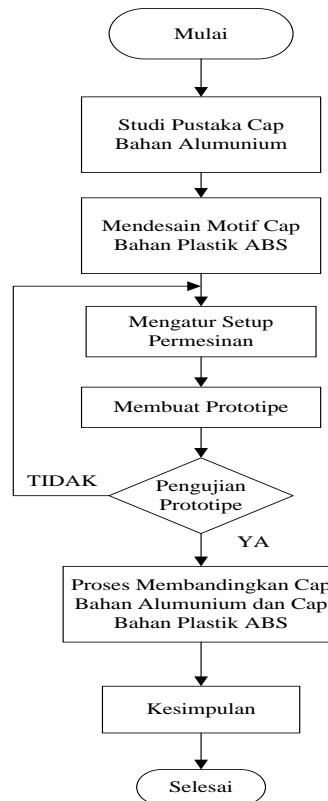
2.5. Menguji Prototipe

Setelah tahapan *prototyping* selesai, maka dilanjutkan dengan pengujian prototipe. Proses penilaian hasil uji ketembusan malam dan kesinambungan lintasan dinilai dengan penyekalaan yang didapatkan dari penilai expert judgement. Pengujian disebut berhasil apabila prototipe saat dipanaskan pada malam tidak meleleh dan tidak deformasi hingga 30 kali pengecapan.

2.6. Membandingkan Hasil Pengecapan dan Fleksibilitas antara Canting Cap Bahan Alumunium dengan Canting Cap Bahan Plastik ABS

Pada metode perancangan dan pengembangan terdapat tahapan perencanaan produk yang telah dilakukan antara lain: mengidentifikasi *needs and wants user*, menentukan target spesifikasi canting cap, menggabungkan konsep dan memilih konsep desain motif yang akan digunakan, proses permesinan dan *prototyping*.





Gambar 1. Diagram Tahapan Proses Pengembangan Canting Cap Berbahan Plastik ABS

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Mendesain Motif Canting Cap Berbahan Plastik ABS

Pengerjaan motif 1, skala diperkecil menjadi 1:4 dari skala aslinya. Setelah proses penyatuan gambar 3D selesai dibuat dilanjutkan dengan proses penyetaraan format gambar. Penyetaraan ini diperlukan untuk penyesuaian setup pada mesin 3D printer yang menggunakan format.stl. berikut setup mesin yang peneliti gunakan pada penelitian.

3.2. Mengatur Setup mesin UP 3D

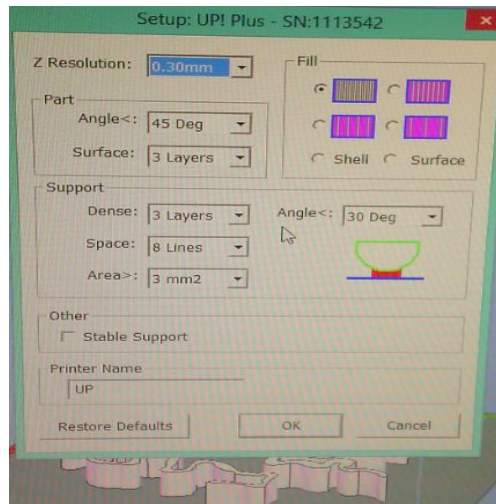
3.2.1. Mengatur *Settingan* Proses Pencetakan Motif Batik 1

Proses pencetakan motif 1 dimulai dengan mengatur ketinggian *nozzle* dengan nilai 137,5 mm, *setting* profil cetakan dengan memilih *resolution extrude* pada profil cetakan yang bernilai 0,35 mm dan profil *filler* dengan kerapatan struktur desain menengah serta *setting* pembentukan *support* dengan format *settingangle* 45°, *space* 4 line, area yakni 3 mm² dan *dense* 3 layer.

3.2.2. Mengatur *Settingan* Proses Pencetakan Motif Batik 2

Proses pencetakan motif 2 dimulai dengan mengatur ketinggian *nozzle* dengan nilai 137,5 mm, *setting* profil cetakan dengan memilih *resolution extrude* pada profil cetakan yang bernilai 0,30 mm dan profil *filler* dengan kerapatan struktur desain sangat rapat serta *setting* pembentukan *support* dengan format *setting angle* 45°, *space* 8 line, area yakni 3 mm² dan *dense* 3 layer.

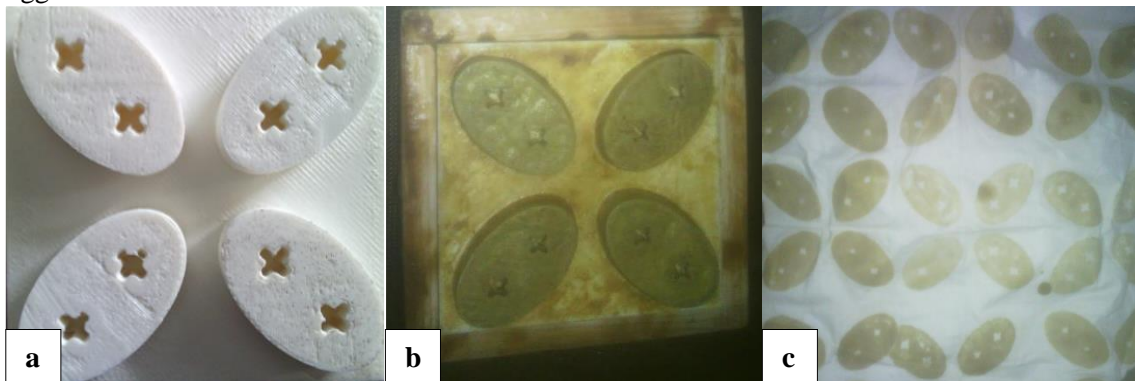




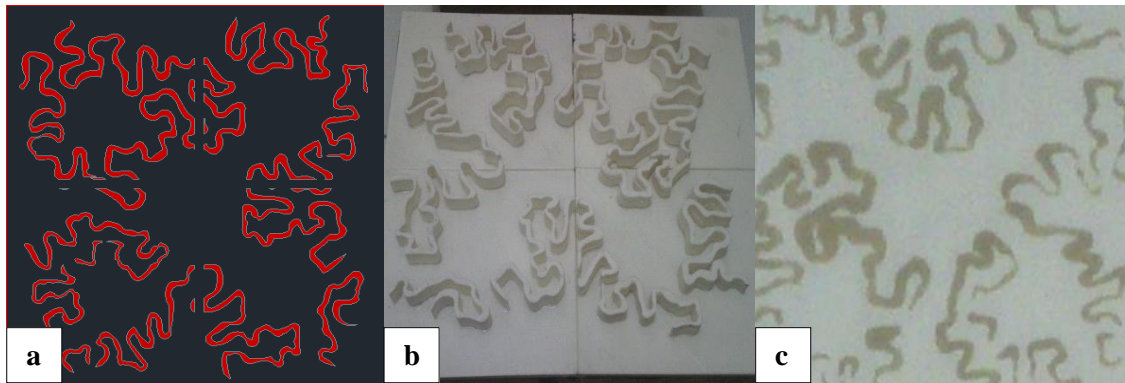
Gambar 2. Proses Setup sebelum *Prototyping*

3.3. Membuat Prototipe

Seperti yang dijabarkan sebelumnya, pada tahapan ini menghasilkan lama waktu proses dan total biaya. Kedua komponen ini dibedakan berdasarkan sampel motif yang diteliti. Pada penelitian ini lama waktu proses dan total biaya canting cap motif 1 dan canting cap motif 2 tertera pada tabel 1 hingga tabel 3.



Gambar 3. a) Motif 1 setelah dicetak; b) Tool yang telah di-Assembly;
c) Hasil pengecapan dengan motif 1



Gambar 4. a) Rancangan Desain motif 2; b) Tool yang telah di-Assembly; c) Hasil Pengecapan dengan Tool Motif 2

Tabel 1. Lama Waktu Pembuatan Canting Cap Motif 2

No	Aktivitas	Waktu
1	Merancang desain 3D canting cap motif 1	5 Jam
2	Mencetak motif batik 1 dan <i>base layer</i> 1	4 Jam
3	Membuat base kayu	7 menit
4	Memasang ganggang cap dengan base kayu	5 menit
5	Mengelem part motif dan base layer (hasil pengeleman 1)	3 menit
6	Mengelem hasil pengeleman 1 dengan base kayu (hasil pengeleman 2)	2 menit
7	Mengeringkan hasil pengeleman 1 dan 2	3 jam
Total waktu pengerjaan tool cap motif 1		12 jam 17 menit

Tabel 2. Lama Waktu Pembuatan Canting Cap Motif 2

No	Aktivitas	Waktu
1	Merancang desain 3D canting cap motif 2	12 Jam
2	Membuat <i>prototype</i> canting cap motif 2	12 Jam
3	Membuat gagang cap	35 menit
4	Membuat base kayu	10 menit
5	Mengelem setiap <i>part</i> motif dengan <i>base layer</i> -nya	20 menit
6	<i>Assembly</i> hasil pengeleman dengan <i>base</i> kayu dengan proses pengeleman	12 menit
7	Mengeringkan hasil pengeleman	4 Jam
Total estimasi waktu pengerjaan tool cap motif 2		29 Jam 17 menit



Tabel 3. Biaya Proses Permesinan

<i>Machining</i>	Keterangan	<i>Per Units</i>	<i>Fixed Cost (Rupiah)</i>	Jumlah	<i>Cost (Rupiah)</i>
3D Printing Motif 1	Mesin UP	1 gr	3.000,-	72,2 gr	216.000,-
3D Printing Motif 2	Mesin UP	1 gr	3.000,-	190 gr	570.000,-
Total Biaya Permesinan					786.000,-

3.4. Menguji Prototipe

Hasil uji prototype motif 1 terhadap suhu menunjukkan bahwa setup pada proses prototyping masih belum optimal. Hal ini ditunjukkan dengan adanya deformasi saat uji pengecapan pada pola motifnya saat proses pengecapan sebanyak 7 kali pengecapan.

Selanjutnya dilakukan perbaikan setup permesinan mengikuti setup permesinan untuk proses *prototyping* motif cap 2. Perbaikan dengan cara merapatkan *filler* dan memperbesar *surface layer* menjadi 3 layer telah didapatkan suhu optimal pengecapan seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengamatan Uji Suhu

Faktor Suhu	T_0 (°C)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)
Permukaan Canting	77,6	89,1	105,2	120,2
Malam	128,3	139,8	145,4	160,7

Keterangan:

T_0 (°C) : Suhu pada kondisi awal saat uji pengecapan

T_1 (°C) : Suhu pada kondisi kedua saat proses uji pengecapan

T_2 (°C) : Suhu pada kondisi proses uji pengecapan memberikan hasil uji optimal

T_3 (°C) : Suhu pada kondisi saat hasil uji pengecapan mulai *meluber*

Setelah mendapatkan suhu optimal maka dilakukan pengujian pengecapan dengan canting prototipe 1 dan prototipe motif 2. Hasil penelitian dengan skala menunjukkan bahwa respon pengecapan yang serupa berdasarkan pengamatan *expert user* dilapangan. Respon tertinggi ialah kesinambungan lintasan berskala 3, respon ketembusan malam berskala 2 dan respon terhadap akurasi pengecapan berskala 2. Skala 1 pada penelitian ini menerangkan hasil yang sangat tidak baik hingga skala 5 menerangkan hasil yang sangat baik.

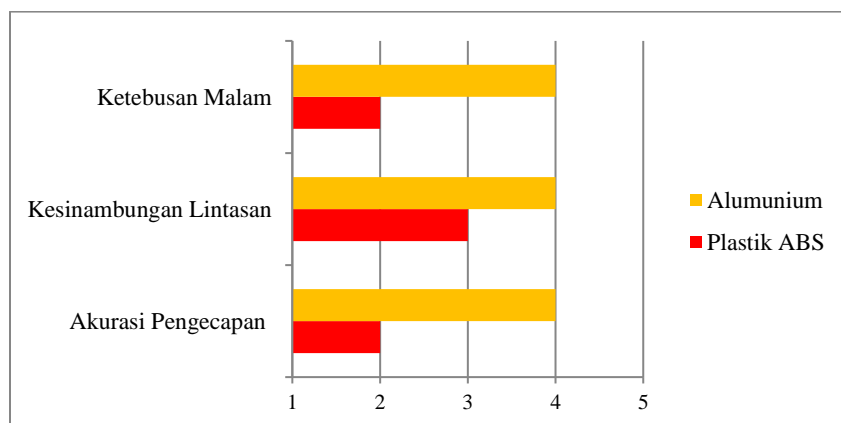
Selain itu, dari penelitian ini telah didapatkan komponen pendukung penelitian yang penting untuk dijadikan pertimbangan sebagai berikut: suhu optimal canting cap plastik berkisar antara 105-110 °C, Telah terjadi perubahan sifat ketahanan bahan terhadap suhu, hal tersebut dibuktikan adanya penurunan batas suhu kerja pada permukaan plastik menjadi 120°C. Jika suhu pada permukaan diatas 120°C bahan mengalami perubahan bentuk, hasil lama Pencelupan agar tidak mengalami deformasi adalah 8 menit setelah suhu permukaan pada motif canting cap optimal, lebar garis motif yang efektif untuk digunakan adalah garis 2,5 mm dan 3 mm, plastik ABS lebih tepat digunakan untuk motif yang bervariasi banyak dengan produksi 3-4 meter kain, kemudahan dalam pembuatan canting cap berbahan ABS dikarenakan sifatnya yang memiliki thermal ekspansi yang tinggi dengan temperatur suhu leleh yang lebih kecil, hasil uji optimasi garis dengan desain garis lurus pada setup mesin yang efektif menunjukkan bahwa tebal motif berpengaruh terhadap *life time* canting cap. Semakin besar tebal atau lebar garis motif, maka *life time* canting cap akan lebih lama. Sebaliknya, semakin kecil lebar garis motif yang digunakan maka *life time* produk semakin cepat rusak. Terbukti dari data pengujian dilapangan terhadap lebar garis 2,5 mm dengan setup kerapatan desain *solid*, resolusi kerapatan 0,20 mm, surface 3 layer, dengan suhu uji saat pencapan optimal telah didapatkan hasil ketahanan pengecapan hingga 65 kali pengecapan. Sedangkan pengujian menggunakan lebar garis 3



mm pada motif memberikan hasil ketahanan 118 kali pengecapan dengan komponen faktor kerapatan *solid*, resolusi kerapatan 0,25 mm dan surface 6 layer.

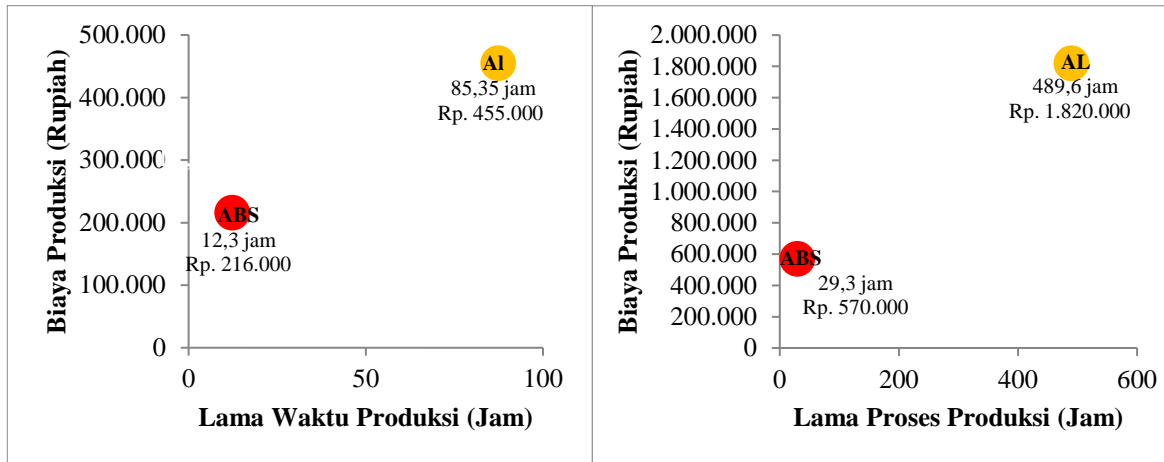
3.5. Membandingkan Hasil Pengecapan dan Fleksibilitas antara Canting Cap Bahan Alumunium dengan Canting Cap Bahan Plastik ABS

Berdasarkan data hasil pengecapan pada penelitian mengenai pengembangan canting cap bahan alumunium, terdapat perbedaan skala respon hasil pengecapan dengan canting cap bahan plastik ABS. Menurut Mayusda (2014), hasil uji pengecapan terhadap respon ketembusan malam, kesinambungan lintasan dan akurasi pengecapan bernilai baik dengan skala 4. Perbedaan antar respon dapat dilihat pada bar dibawah. Dari gambar bar tersebut dapat dilihat dengan jelas bahwa pengecapan menggunakan canting cap bahan alumunium lebih baik dibandingkan canting cap bahan plastik ABS.



Gambar 5. Bar Perbandingan Hasil Pengecapan antara Bahan Canting Cap Plastik ABS dan Alumunium menurut *expert*

Sedangkan jika ditinjau dari sisi fleksibilitas pembuatan cap, yang diukur dari lama waktu proses pembuatan dan biaya pembuatan canting cap berbahan plastik serta tingkat kerumitan motif yang digunakan. Dari gambar perbandingan lama waktu dan biaya pembuatan cap plastik dan alumunium. didapatkan bahwa pembuatan dengan sample 1 desain yang tidak rumit (dinilai berdasarkan tingkat simetri gambar) didapatkan bahwa lama waktu proses yang dibutuhkan untuk pembuatan motif 1 adalah 12,3 jam dengan biaya pembuatan Sedangkan Rp. 216.000,00 perunit. Sedangkan canting cap berbahan tembaga membutuhkan waktu lebih lama dan biaya permesinan dan bahan baku yang lebih tinggi yaitu 85,35 jam dan Rp. 455.000,00 per unit. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan cap bahan plastik ABS lebih cepat dibuat dengan biaya permesinan untuk sekali produksi yang lebih rendah dibandingkan canting cap berbahan Alumunium.



Gambar 6. Perbandingan ABS Plastics VS Alumunium dilihat dari Segi Biaya dan Waktu Pembuatan pada Motif 1 (kiri) dan motif 2 (kanan)

Selanjutnya, perlu diketahui pula bahwa penggunaan teknologi *additive manufacturing* dapat cepat dibuat karena tidak terdapat proses pengkodean pada setup permesinan saat membuatnya. Sehingga proses desain menuju proses prototyping dapat dilakukan dengan meniadakan detup coding permesinan terlebih dahulu.

Sedangkan pada pembuatan canting cap berbahan tembaga digunakan metode *subtractive manufacturing* dengan memakai mesin bubut CNC. Sehingga tahapan setup permesinan seperti pengkodean perlu dilakukan dengan teliti, akibatnya motif yang bervariasi akan menghasilkan coding yang bervariasi. Tentu hal tersebut akan menyita waktu yang sangat lama dan biaya permesinan yang tidak murah.

Terakhir dari sisi efektifitas hasil pengecapan, pengecapan menggunakan bahan logam tetap menghasilkan kualitas yang lebih baik. Dikarenakan, saat proses pengecapan terdapat perlakuan panas, daya hantar panas suatu loga lebih baik ketimbang bahan non logam seperti plastik ABS. Jika ditelusuri lebih lanjut, efektifitas penggunaan cap tergantung situasinya. Maksudnya akan lebih tepat jika menggunakan canting cap plastik ABS jika desain motif berjenis kontemporer, diproduksi untuk satu kali produksi dan variasi motif yang tinggi sedangkan jumlah produksi sedikit. Sebaliknya, akan lebih tepat menggunakan cap berbahan Alumunium jika variasi motif tidak terlalu banyak dan kerumitan motif cenderung simetri, jumlah produksi yang banyak dan produksi dengan motif tersebut bersifat kontinu.

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan diatas maka dapat disimpulkan secara berurutan sesuai tujuan penelitian bahwa, segi efektifitas dan segi fleksibilitas suatu teknolgi permesinan yang diterapkan disesuaikan dengan situasi produksi. Akan lebih tepat jika menggunakan canting cap plastik ABS jika desain motif berjenis kontemporer, diproduksi untuk satu kali produksi dan variasi motif yang tinggi sedangkan jumlah produksi sedikit. Sebaliknya, akan lebih tepat menggunakan cap berbahan Alumunium jika variasi motif tidak terlalu banyak dan kerumitan motif cenderung simetri, jumlah produksi yang banyak dan produksi dengan motif tersebut bersifat kontinu.

Dari hasil dan pembahasan diatas perlu dilakukan penelitian mengenai pengembangan pelapis plastik pada permukaan bagian motif canting cap. hal ini dimaksudkan agar efektifitas pengecapan



plastik dapat meningkat dan perlu melakukan penelitian lebih lanjut tentang perancangan pola desain yang kecil seperti “isen” agar dapat diterapkan pada *additive manufacturing* mengingat detail batik dilihat salah satunya dari pola “isen”.

Daftar Pustaka

- Mayusda, Idriwal., 2014, *Tugas Akhir: Pengembangan Tool Canting Cap Berbahan Aluminium dengan Proses Subtracting*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rayna, T. and Striukova, L., 2016, From Rapid Prototyping To Home Fabrication: How 3D Printing Is Changing Business Model Innovation, *Journal Elsevier*, Vol. 102, pp. 214-224.
- Singh, H., Oberoi, J., and Singh R., 2015, Analysis and Optimisation of Void Spaces in Single Ply Raw Material using Finite Element Method and Fused Deposition Modelling, *International Journal of Computer Application*, pp. 18-21.
- Ulrich, K.T. and Eppinger, S.D., 2001, *Product Design and Development* 4th Ed, McGraw-Hill Companies, USA.



Analisis Masalah COGI di Area Raw Material di PT XYZ Menggunakan A3 Report Problem Solving

Maria Retno Savitri, Pringgo Widyo Laksono

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Insinyur Sutami, Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57126
Telp. (0271) 662118
E-mail: mariaretno2@gmail.com

Intisari

Dewasa ini kegiatan usaha yang bergerak di bidang otomotif semakin mengalami perkembangan yang cukup memuaskan. PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang otomotif yang merupakan termasuk agen terbesar dalam industri otomotif. Dengan bertambahnya saingan dan semakin kompetitifnya pasar otomotif. PT XYZ menggunakan software SAP untuk menunjang persaingan pasar industri otomotif. Namun penggunaan software SAP ini menimbulkan adanya COGI. COGI merupakan error transaksi pada sistem SAP karena terjadi perbedaan data antara data aktual dengan data yang disimpan software SAP. COGI berarti adanya ketidaksesuaian jumlah persediaan barang secara aktual dan secara sistem SAP. Penulisan paper ini bertujuan untuk menemukan akar masalah COGI. Penelitian berfokus pada area raw material. Penelitian dilakukan di area raw material karena diketahui COGI akibat raw material mencapai 77,52%. Untuk itu perlu menggunakan A3 Problem Solving Report untuk mempermudah menemukan akar permasalahan yang terjadi. Dari hasil penelitian melalui genba diketahui penyebab terjadinya COGI pada area tersebut yaitu perputaran kanban yang tidak sesuai prosedur dan pengisian papan mieruka yang tidak terkontrol.

Kata Kunci : COGI, A3 Problem Solving Report, Kanban.

1. Pendahuluan

PT XYZ sebagai salah satu industri otomotif terbesar di Indonesia saat ini mengalami perkembangan yang cukup pesat. Perkembangan yang cukup pesat ini mendorong PT XYZ untuk bersaing ketat dengan industri otomotif lain.

Dalam menghadapi persaingan dunia usaha, terutama sektor Industri otomotif, PT XYZ sebagai ATPM (Agen Tunggal Pemegang Merk) terus berupaya untuk meningkatkan performanya, terutama pada sistem produksinya. Perusahaan memandang hal tersebut penting karena di saat ini permintaan akan otomotif semakin tinggi dan persaingan antara produsen otomotif yang semakin tinggi pula.

Dengan bertambahnya saingan dan semakin kompetitifnya pasar otomotif, PT ADM KAP menggunakan software SAP untuk menunjang persaingan pasar industri otomotif. SAP merupakan software *Enterprise Resources Planning* (ERP), yaitu suatu tools IT dan manajemen untuk membantu perusahaan merencanakan dan melakukan kegiatan operasionalnya secara lebih efisien dan efektif yang digunakan khususnya di perusahaan besar.

Untuk menunjang keefektifan software SAP tentunya harus didukung oleh operator software yang dapat mengoperasikan dengan baik. Data yang diinput pada software SAP yang digunakan PT XYZ disesuaikan dengan kondisi aktual material yang masuk ke gudang. Namun, sering terjadi



adanya ketidaksesuaian antara kondisi aktual dan data dalam sistem SAP yang disebut dengan COGI. Salah satu cara perbaikan yang perlu dilakukan ialah menemukan titik awal mula munculnya COGI.

Untuk mengetahui awal mula munculnya COGI maka perlu memahami alur bisnis proses di PT XYZ secara keseluruhan beserta seluruh transaksi SAP yang terjadi. Alur bisnis proses adalah kumpulan aktivitas yang terukur dan terstruktur untuk memproduksi output bernilai bagi pelanggan. Transaksi SAP merupakan aktivitas software SAP yang menimbulkan perubahan isi data dapat berupa penambahan data, pengurangan data dan pemindahan data. Dalam pelaksanaan produksinya, alur bisnis proses di PT XYZ mempunyai 2 area. Area pertama yaitu area *raw material* area kedua yaitu area *semifinish*. Area *raw material* terdiri dari area *logistic welding* dan area *press*. Area *semifinish* dimulai dari area *press*, *service part* dan area *welding*. Transaksi SAP yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Good Received*, *Transfer Posting*, *Good Issue*, dan *Backflush*.

Penelitian ini dilakukan selama 30 hari di area *Press* karena diketahui COGI terbesar terjadi pada *raw material*. COGI akibat *raw material* mencapai 49% dari total COGI keseluruhan pada bulan September hingga Desember 2016.

2. Metodologi

Dalam penelitian penulis melakukan pengamatan langsung atau *genba* ke PT XYZ selama 30 hari. Tahap yang dilakukan yaitu identifikasi awal, tahap pengumpulan dan pengolahan data dan tahap kesimpulan dan saran.

Tahap pertama yang dilakukan yaitu identifikasi awal terhadap kondisi dan masalah yang terjadi dengan cara wawancara kepada Production Control Department, Department Press dan *logistic welding*. Untuk mengetahui titik awal munculnya masalah COGI maka penulis melihat keseluruhan proses produksi. Pengamatan awal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jalannya proses logistik terutama untuk proses penerimaan *raw material* dan perputaran *raw material* dari *logistic welding* hingga di proses mesin *Press*.

Tahap selanjutnya pengumpulan data yang dilakukan dengan mengumpulkan yang sudah ada, pengamatan secara langsung dan wawancara. Pengumpulan data yang sudah ada meliputi data COGI pada bulan September 2016 – Desember 2016. Pengamatan langsung dalam penelitian didukung dengan pembuatan alur bisnis proses keseluruhan oleh peneliti, pencatatan temuan-temuan yang terjadi setiap harinya. Proses wawancara dilakukan secara langsung kepada *section head division*, *staff*, operator *Press*, LP driver, *Team Leader* area *Press* dan *kanban boy*.

Tahap pengolahan data yaitu pertama mengumpulkan data yang diperlukan menurut A3 *Problem Solving Report*. Diantaranya yaitu *background* yang akan menjelaskan latar belakang masalah yang terjadi di PT XYZ. *Target setting* menjelaskan target yang ingin dicapai untuk penyelesaian masalah COGI. *Fishbone Analysis*, menjelaskan mengenai akar penyebab dari masalah yang terjadi berdasarkan beberapa aspek yang ada. Pada tahap akan dilakukan analisis pada 4 aspek yang berhubungan, yaitu *method*, *machine*, *material*, dan *man*. Pada masing-masing aspek akan ditelusuri akar permasalahannya dengan menerapkan *why-why analysis*. *Schedule Activity* menjelaskan tahap-tahap pelaksanaan kegiatan menurut A3 *Report* yang telah dibuat oleh penulis. Tahap-tahap yang dilalui yaitu tahap pencairan *background*, tahap penentuan target, tahap analisis, tahap penentuan *kaizen activity*. *Kaizen Activity*, menjelaskan mengenai tahapan perencanaan dalam menanggulangi masalah berdasarkan penyebab yang telah dianalisis dan tindakan yang akan diambil.

Tahap terakhir yaitu analisis hasil dan kesimpulan. Pada tahap interpretasi hasil dilakukan analisis dari pengolahan data yang sudah dilakukan sebelumnya. Analisis yang dilakukan meliputi analisis awal penyebab COGI. Pada tahap kesimpulan dan saran dibahas mengenai kesimpulan dari analisis yang telah dibuat. Kemudian diusulkan saran-saran perbaikan yang bisa dilakukan untuk penelitian selanjutnya



3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Alur Bisnis Proses PT XYZ

Alur Bisnis proses merupakan sekumpulan alur kegiatan dalam bisnis untuk menghasilkan produk dan jasa. Kegiatan bisnis proses di PT XYZ dilakukan dengan dengan bantuan sistem informasi.

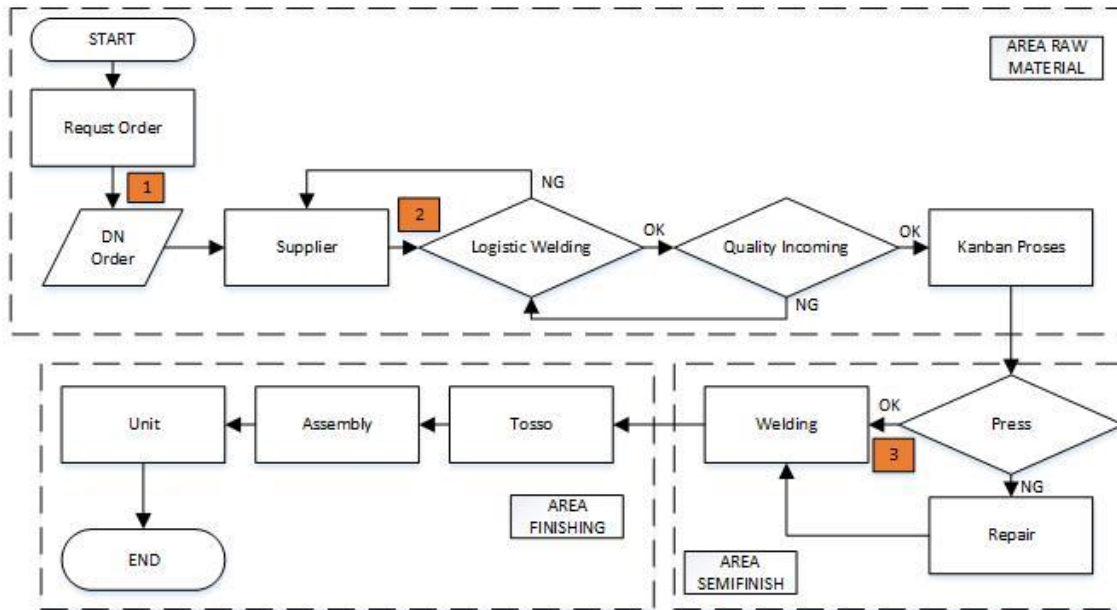
Bisnis proses PT XYZ berawal dari *request order raw material* yang dilakukan oleh PIC Press kepada *Production Control Department* (PCD) bagian *Production Planning and Part Ordering* (3PO). Kemudian 3PO akan melakukan *order raw material* ke *supplier* dengan meyerahkan Vendor Master, Part, Packing document. *Supplier* PT XYZ memesan *raw material* ke SCI, TTMI dan Posco. Sedangkan SSK hanya sebagai jasa potong *raw material*. *Supplier* akan menempelkan barcode ke setiap *pallette* sesuai dengan identitasnya masing-masing. Proses *supplier* menaikan barang ke truck yaitu dengan *checklist delivery note* yang dilakukan oleh *logistic partner*. Jika barang yang dinaikan ke dalam truk sudah sesuai dengan surat jalan dan *delivery note* maka barang akan dikirimkan ke PT XYZ. *Delivery note* merupakan list pesanan satu kali order dari PCD-3PO. Sedangkan surat jalan merupakan list barang yang dibawa dalam satu kali pengiriman. Dalam satu surat jalan dapat berisi beberapa *delivery note*.

PT XYZ akan menerima barang dari *supplier* melewati *logistic welding*. *Logistic partner* akan menyerahkan surat jalan dan *delivery note* kepada *logistic welding*. PIC *logistic welding* akan melakukan *checklist* antara barang yang diturunkan dari truck dengan *delivery note*. Apabila isi barang didalam truck dengan *delivery note* sesuai maka akan PIC *logistic welding* area akan melakukan transaksi yaitu *Good Received* (GR). *Good Received* adalah proses input list *raw material* yang datang ke dalam sistem. PT XYZ menggunakan sistem JIT dan SAP. Sistem JIT atau *Just in Time* digunakan apabila dalam satu kali pengiriman barang *supplier* mengirimkan beberapa item dari satu *delivery note*. Hal ini disebabkan karena dalam satu kali pengiriman tidak selalu truk dapat memuat jumlah pesanan dalam satu *delivery note*. Apabila dalam satu *delivery note* bisa terpenuhi maka iput *Good Received* menggunakan SAP. *Good Received* yang dilakukan dengan sistem JIT karena belum semua barang terkirim disebut denga *partial Good Received* atau sering disebut dengan *Partial GR*. Sistem JIT akan naik ke sistem SAP secara otomatis pada jam jam tertentu dan disebut dengan *LMOS GR*. Apabila isi barang didalam truk dengan *delivery note* tidak sesuai maka barang tetap untuk masuk ke dalam proses namun belum terinput ke sistem JIT maupun SAP. *Logistic partner* akan mengembalikan barang kepada pihak *supplier*. PIC *raw material* area *press* akan menempelkan kanban. Kemudian *driver* forklift akan membawa *pallette* yang berisi *raw material*, *barcode*, dan kanban ke mesin *press*. Ketika proses *press* berlangsung tidak semua barang dapat melalui proses maka disebut dengan NG atau *Not Good*. *Raw material* NG apabila dapat diperbaiki maka dapat terproses lagi namun apabila tidak dapat diperbaiki maka akan dihancurkan di *scrap house*.

Dari area *press*, telah menjadi bentuk yang disebut dengan barang *semifiish*. Barang *semifish* akan masuk ke area *welding*. Di area *welding* barang *semifinsih* akan dilakukan proses trasaksi *transfer posting* atau TP. Di proses *welding* akan terjadi proses *good received* dari *consumable part*, *supplier*, *plant 4 ckd part*, *maintaince part* dan *press plant 1*. Setelah melalui proses *welding* proses selanjutnya yaitu *tosso* atau pegecatan. Di area *tosso* akan ada proses *good received* dari *consumable part*, *supplier* dan *maintaince part*. Setelah melalui proses *tosso* maka akan masuk ke area *assembly consumable part*, *supplier*, *plant 4 ckd part*, *maintaince part*, *press plant 1* dan *plant 2 engine part*. Setelah semua proses selesai maka akan masuk ke D107 atau telah menjadi unit dan melalui transaksi yang disebut dengan carik. Ketika barang masuk akan melalui proses *good received* maka setelah menjadi unit mobill akan dilakukan transaksi *backflush*. *Backflush* adalah proses penghapusan semua



part yang telah melalui *good received* karena telah menjadi unit mobil. Berikut merupakan diagram bisnis proses ADM KAP :



Gambar 1. Diagram Alur Bisnis Proses PT XYZ

Tabel 1. Keterangan Simbol Alur Bisnis Proses Transaksi PT XYZ

No.	PIC	Transaksi	Dokumen
1	PCD-PMD	-	Vendor Master, Part, Packing
2	Log. Welding	Good Received	DN dan Surat jalan
3	Press	Good Received	LKH
4	Press	Transfer Posting	Memo Scrap

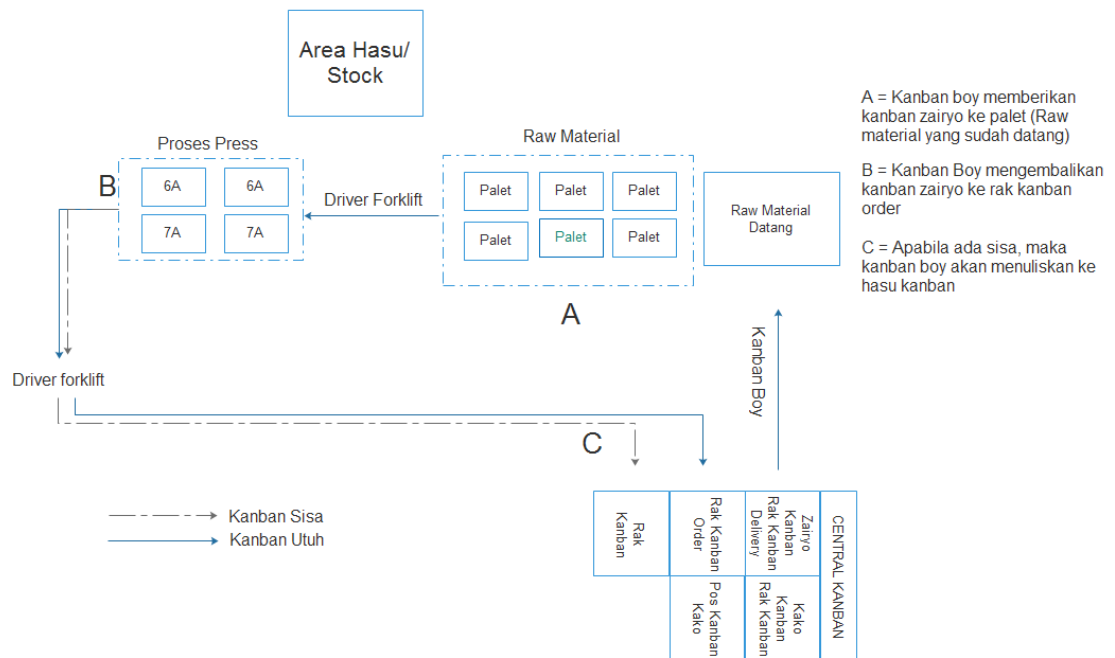
3.2 Mekanisme Kanban

Kanban di PT XYZ adalah identitas *raw material* untuk instruksi kerja, instruksi order dan kontrol stok. Kanban yang digunakan ada 3 jenis yaitu *zairyo* kanban, *kako* kanban dan *hasu* kanban. *Zairyo* kanban adalah kanban yang digunakan untuk barang *raw material*. *Kako* kanban adalah kanban yang digunakan untuk barang *semifinish* dan *hasu* kanban adalah kanban yang digunakan untuk barang *raw material* sisa yang tidak terproduksi hari itu.

Kanban diletakkan di rak kanban yang terdiri dari rak kanban order, rak kanban delivery dan rak kanban *hasu*. Rak kanban delivery adalah rak kanban yang digunakan untuk meletakkan *zairyo* kanban yang sudah datang dari supplier. Rak kanban order merupakan rak kanban yang digunakan sebagai *trigger* order. Ketika barang sudah datang maka kanban *zairyo* di rak kanban order akan dipindahkan oleh PIC *raw material* ke rak kanban delivery. Rak kanban *hasu* merupakan rak kanban untuk meletakkan *hasu* kanban setelah palet telah selesai terproses.



Mekanisme kanban dimulai dari PIC *raw material* yang menerima *raw material* dari logistic welding area. PIC *raw material* menerima barang masuk dan menuju ke rak kanban. Kanban *zairyo* yang ada di rak kanban order dipindahkan ke rak kanban delivery yang berarti barang tersebut sudah datang dan masuk ke area *storage*. *Kanban boy* akan memindahkan *zairyo* kanban dari rak kanban delivery ke palet sesuai informasi yang ada pada kanban. Driver forklift akan membawa palet-palet yang sudah terpasang kanban untuk dibawa ke mesin produksi press. Driver forklift akan mengambil palet sesuai dengan urutan *pattern* yang ada. *Pattern* merupakan urutan produksi pada area logistic press dimana terdapat informasi job number, nama part dan jumlah part yang seharusnya diproduksi. Di PT ADM KAP memiliki 2 *pattern*, yaitu *pattern* line A dan *pattern* line B. Ketika menurunkan palet-palet yang terdapat kanban, driver forklift akan mengambil palet sesuai dengan *pattern* yang ada. Palet akan dibawa ke mesin produksi dan kanban *zairyo* dibawa oleh driver forklift untuk dikembalikan ke rak kanban order. Hal ini berarti PIC *raw material* harus memesan *raw material* sesuai dengan informasi yang ada pada kanban tersebut. Ketika *raw material* terpakai habis maka palet akan diletakkan ke gudang, apabila terdapat sisa maka driver forklift akan memberitahukan kepada *kanban boy* sisa dari *raw material*. Sisa dari *raw material* dilihat dari *press machine* yang dimana akan menunjukkan berapa jumlah *raw material* yang telah melalui proses. Sehingga sisa *raw material* dalam palet didapatkan dari *lot size (pcs)* dikurangi dengan *semifinish part* yang telah melalui proses.



Gambar 2. Mekanisme Kanban PT XYZ

Kanban boy sendiri adalah orang yang bertugas untuk mengontrol kanban yang beredar. Dalam satu shift terdapat satu *kanban boy* dimana *kanban boy* akan mengontrol *zairyo* kanban, *kako* kanban dan *hasu* kanban. Perputaran kanban *kako* ialah ketika proses *press* berakhir maka *kanban boy* akan memberikan *kako* kanban ke area mesin *press*. Operator yang berada pada area mesin *press* akan memberi kanban yang sesuai di setiap *pallet*.

Rak kanban order, rak kanban delivery dan rak kanban *hasu* berada dalam satu papan yang disebut dengan papan *mieruka*. Papan *mieruka* juga berisi tabel order yang berisi salinan dari *hasu*



kanban. Selain itu berisi lembar monitoring papan mieruka. Papan mieruka ini akan diupdate oleh *kanban boy* namun waktunya tidak ditentukan. Pada akhir shift, PIC *raw material* akan melihat tabel order untuk menentukan order kepada 3PO.

Mekanisme kanban akan disesuaikan dengan daftar job number yang ada. Job number berfungsi untuk memberikan informasi urutan produksi *press*. Job number sendiri termuat di dalam *pattern*. *Pattern* PT XYZ terdiri dari dua *line* yaitu 6A *Line* dan 7A *Line*. *Pattern* di area *press* juga digunakan sebagai acuan untuk melakukan order untuk shift berikutnya. Shift pagi akan melakukan order untuk produksi shift malam dan shift malam akan melakukan order untuk shift pagi. Order dilakukan oleh PIC *raw material* akan mempertimbangkan *hasu* kanban yang tertulis dalam papan mieruka. Namun papan mieruka tidak diupdate tepat waktu karena ditemukan temuan papan mieruka yang kosong pada pukul 14.00 di shift pagi yang seharusnya papan mieruka di perbaharui setiap akhir *job number*.

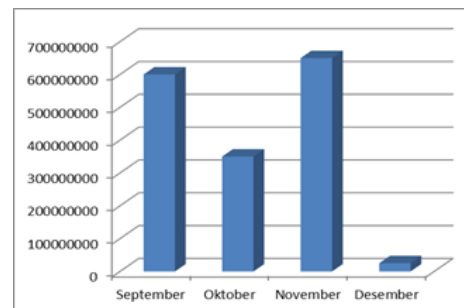
3.3 COGI

Pengumpulan data yang dilakukan dengan teknik wawancara untuk mendapatkan data yang diinginkan. Wawancara dilakukan secara langsung dengan PIC logistic welding area, PIC *logistic press* area, team member *cost and inventory control*. Data yang digunakan merupakan data COGI pada 4 bulan terakhir yakni September 2016 hingga Desember 2016. Data COGI yang digunakan ialah total COGI berupa COGI unit dan COGI berupa COGI *raw material*.

COGI merupakan ketidaksesuaian antara data di sistem SAP dan kondisi aktual. Data COGI berupa COGI unit total yang terdiri dari item, quantity dan cost. Item COGI merupakan jumlah jenis barang yang COGI, quantity COGI merupakan jumlah dari satu item barang COGI dan cost merupakan kerugian berupa materi akibat COGI pada setiap item,

Tabel 2. Data COGI Total

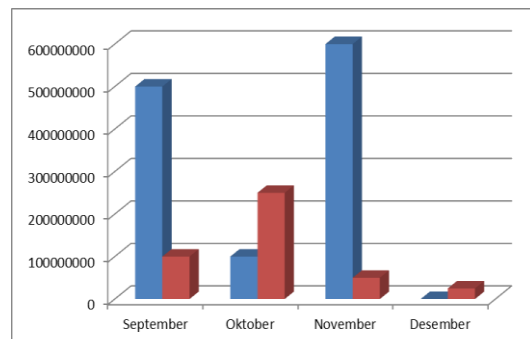
Bulan	COGI Unit Total		
	Item	Quantity	Cost
September	21	8.496	Rp. 589.000.000
Oktober	20	17.853	Rp. 351.000.000
November	45	7.846	Rp. 632.000.000
Desember	31	10.2850	Rp. 25.000.000
Total	117	137.045	Rp. 1.597.000.000



Gambar 3. Grafik COGI

Tabel 3. Data COGI Raw Material

Bulan	COGI Raw Material		
	Item	Quantity	Cost
September	8	4134	Rp. 521.000.000
Oktober	8	2021	Rp. 111.000.000
November	14	7336	Rp. 606.000.000
Desember	0	0	Rp 0
Total	30	13491	Rp.1.238.000.000



Gambar 4. Grafik COGI



Tabel 5. Data COGI Non Raw Material

Bulan	COGI Non Raw Material		
	Item	Quantity	Cost
September	13	4362	Rp. 68.000.000
Oktober	12	15832	Rp. 240.000.000
November	31	7336	Rp. 26.000.000
Desember	31	0	Rp. 25.000.000
Total	87	27530	Rp. 359.000.000

Dari tabel dan grafik diatas, menunjukkan perbandingan *cost* COGI *raw material* dan non *raw material*.

$$\begin{aligned}\text{COGI Raw Material} &= \frac{\text{Cogi Raw Material}}{\text{Cogi Total}} \times 100 \% \\ &= \frac{\text{Rp. 1.238.000.000,00}}{\text{Rp. 1.597.000.000,00}} \times 100 \% \\ &= 77,52 \%\end{aligned}$$

3.4 A3 Report Problem Solving

Dalam penggunaannya, A3 *Report Problem Solving* memiliki 6 tahapan yaitu analisis background, penentuan target, analisis fishbone, *schedule activity*, *kaizen activity* dan *result*. Namun, karena dalam penelitian ini belum mencapai tahap *result* maka tahap *result* tidak dituliskan hasilnya.

3.4.1 Analisis Background

Background merupakan langkah awal yang harus dilakukan untuk menjelaskan latar belakang masalah yang terjadi sebelum masuk pada tahap-tahap A3 *Report*. Permasalahan yang diambil dalam kerja praktik ini adalah permasalahan yang terjadi pada area *raw material*. Masalah ini diketahui karena adanya laporan-laporan setiap hari oleh departemen PCD bahwa COGI selalu terjadi di *raw material* dan karena *raw material* harganya cukup mahal sehingga walaupun *quantity* COGI *raw material* sedikit namun *cost* terhitung mencapai angka yang tinggi karena harga yang mahal.

Oleh karena itu, dilakukan pengamatan untuk menelusuri masalah ini lebih lanjut. *Record* data historis mengenai masalah ini dilakukan setiap hari dan data COGI selalu diklarifikasi di akhir sehingga tidak ada data historis dari COGI untuk *partial Good Received*. Sehingga tidak bisa langsung diketahui di mana seharusnya investigasi dilakukan, maka pengamatan akan dilakukan mulai dari *logistic welding* yaitu area penerimaan *raw material* hingga proses *order* barang.

Penelitian dilakukan dengan melakukan penelitian dilapangan yang disebut dengan *genba*. *Genba* dilakukan pada mulai tanggal 23 Januari 2017 – 6 Februari 2017 pada jam 10.00 - 12.00 atau 14.00 – 16.00. Berdasarkan uji kecukupan data, diketahui bahwa data yang diperoleh selama *genba* pada waktu tersebut dinyatakan cukup sehingga pengamatan dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya. Hasil dari *genba* tersebut diketahui bahwa COGI terbesar disebabkan oleh *raw material* yang mencapai 49,64%. Hal ini berarti hampir separuh dari total COGI disebabkan oleh *raw material*. Sehingga penelitian dilakukan di area *raw material*.

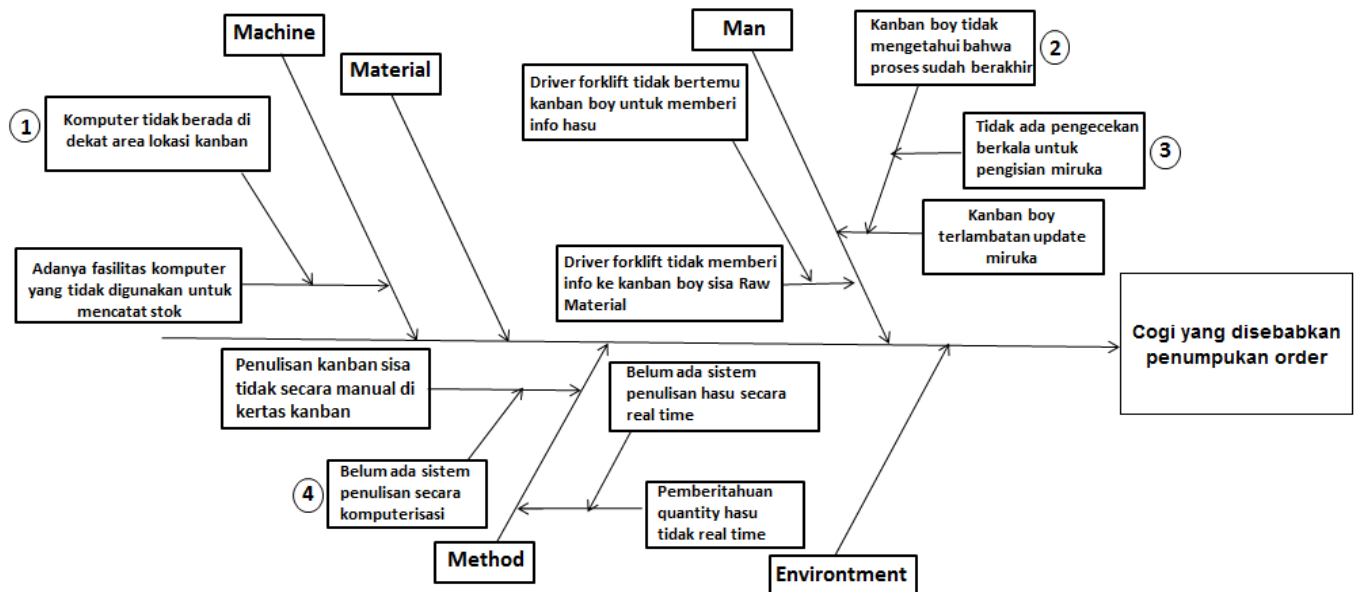


3.4.2 Target

Target setting merupakan tahap di mana dilakukan penentuan target atau tujuan yang ingin dicapai. Setelah menemukan *background problem* dengan tepat, maka target untuk penyelesaian masalah juga dapat ditentukan. Pada tahap sebelumnya diperoleh bahwa dari total COGI *raw material* sebesar 77.64%. Diketahui bahwa dua faktor terbesar yang menyebabkan adalah adanya transaksi *Good Received* yang tidak *real time* dan tidak terkontrolya alur proses *order* kepada departemen PCD. Oleh karena itu, target yang harus dicapai dalam kasus ini adalah mengeliminasi adanya kasus COGI. Penulis memilih untuk berfokus pada proses *request order* kepada departemen PCD. Penulis menentukan untuk mengurangi 50% dari 77.64%. Alasan yang mendasari penulis memilih 50% karena masih banyak faktor yang menyebabkan adanya COGI.

3.4.3 Analisis Fishbone

Analisis *Fishbone* merupakan tahap di mana dilakukan analisis terhadap faktor-faktor yang menyebabkan masalah terjadi, hingga ditemukan akar penyebabnya. Akar masalah ini harus diperoleh dengan tepat, sebab jika tidak maka kemungkinan besar masalah yang ada akan berulang kembali meski sudah ada penanggulangan. Analisis ini dilakukan terhadap 4 aspek, yaitu *method*, *machine*, *material*, *machine* dan *man*, yang mana pada setiap aspek ini akan diuji dengan pertanyaan “why” pada masalah yang terjadi hingga tidak ada alasan lagi yang dapat diambil, dengan begitu *root cause*-nya dapat diketahui.



Gambar 5. Fishbone diagram

Pada permasalahan ini, pertama-tama dilakukan analisis pada aspek *man*. Diperoleh adanya *driver forklift* yang tidak memberikan info kepada kanban boy mengenai sisa dari *raw material* yang seharusnya dituliskan pada *hasu kanban*. Hal ini dianalisis lagi disebabkan karena *driver forklift* yang tidak bertemu *kanban boy* untuk memberi info *hasu*. Faktor lain yang menyebabkan ialah *kanban boy* terlambat megupdate papan *mieruka* yang disebabkan oleh *kanban boy* yang tidak mengetahui bahwa proses *press* telah berakhir. Selain itu hal ini disebabkan oleh tidak adanya pengecekan berkala oleh *supervisor* untuk pengisian *mieruka* tersebut. Tidak adanya pengecekan berkala ini dapat

menyebabkan pengisian mieruka yang tidak konsisten. Padahal papan mieruka digunakan untuk salah satu informasi *order* kepada departemen PCD. Apabila papan mieruka ini pengisiannya tidak terkontrol maka dapat menyebabkan tidak validnya *order* yang seharusnya. *Kanban boy* yang tidak mengetahui bahwa proses sudah berakhir hal ini dikarenakan belum ada sistem yang memberi informasi bahwa setiap satu kali *pattern* selesai diproduksi maka ada sistem akan berbunyi. Kemudian dilakukan analisis pada *machine* yaitu bahwa adanya fasilitas komputer yang tidak digunakan. Hal ini ditelusuri diakibatkan karena komputer yang tidak berada di dekat area lokasi papan *mieruka*. Analisis pada variable *method* yaitu pemberian informasi sisa raw material yang tidak real time atau tidak langsung. Sehingga sering kali ditemukan adanya *driver forklift* yang lupa memberikan informasi kepada *kanban boy* bahwa ada sisa raw material pada pallet. Hal ini dapat berpotensi menyebabkan tidak validnya data sisa raw material yang tertulis di mieruka dengan kondisi actual. Akibatnya *quantity order* yang seharusnya mempertimbangkan stok di gudang, stok pada gudang tidak sesuai dengan pencatatan pada papan *mieruka*. Faktor lain yang menyebabkan ialah pencatatan masih manual, sehingga berpotensi terjadi kesalahan. Hal ini mengakibatkan perbedaan antara pencatatan pada papan mieruka dengan kondisi aktual.

3.4.4 Schedule Activity

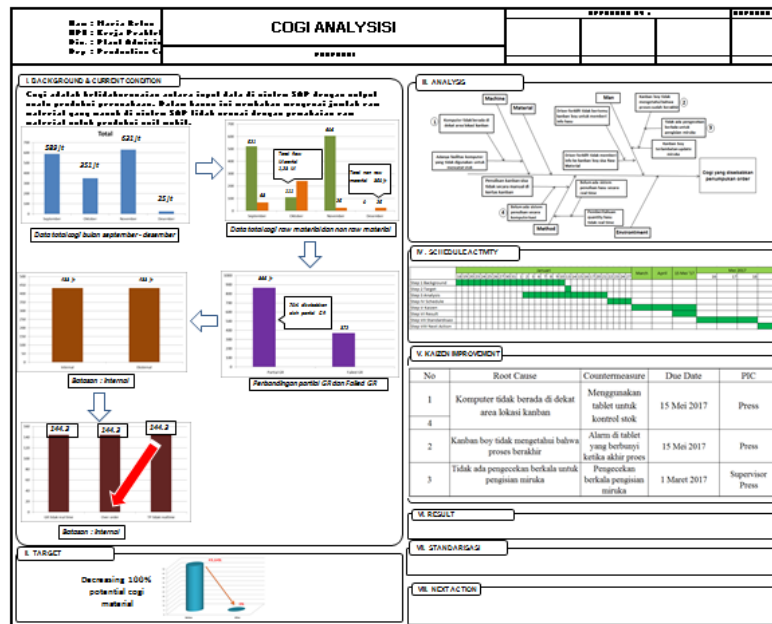
Schedule activity merupakan tahap-tahap pelaksanaan kegiatan menurut A3 Report yang telah dibuat oleh penulis. Tahap-tahap yang dilalui yaitu tahap pencarian *background*, tahap penentuan target, tahap analisis, tahap penentuan *kaizen activity*. Tahap penulis dalam pencarian *background* masalah yaitu dimulai dari tanggal 18 Januari 2017 hingga 10 Februari 2017. Tahap penentuan target yaitu pada tanggal 13 Februari 2017. Tahap analisis yaitu pada tanggal 2 Februari 2017 hingga 21 Februari 2017. Tahap pelaksanaan *kaizen activity* diharapkan penulis dapat dilaksanakan pada awal bulan maret hingga bulan Mei 2017.

3.4.5 Kaizen Activity

Kaizen Activity merupakan perencanaan solusi (*countermeasure*) dalam menanggulangi masalah berdasarkan penyebab yang sudah dianalisis. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, ditemukan bahwa *root cause* masalah ini terdapat pada aspek *man* yang tidak melakukan pengecekan berkala pada papan mieruka. Oleh karena itu sebagai upaya untuk menanggulangnya, dibuat usulan *countermeasure* yaitu dilakukan *genba* pada area kanban secara berkala. Pengecekan dilakukan oleh *supervisor* dan PIC raw material. Setelah melakukan pengecekan disediakan *checksheet* yang menandakan bahwa telah dilakukan *genba* pada area tersebut.

Root cause selanjutnya yaitu belum adanya sistem penulisan secara terkomputerisasi. Oleh karena itu sebagai upaya untuk menanggulangnya, dibuat usulan membeli *smartphone* berupa tablet untuk *kanban boy*. Penggunaan tablet ini yaitu untuk penulisan *hasu kanban* supaya tidak lagi dilakukan secara manual dan diharapkan menjadi *real time*. Selain itu terdapat *root cause* bahwa *kanban boy* tidak mengerti bahwa proses *press* sudah berakhir yang mengakibatkan keterlambatan penulisan *hasu kanban*. Oleh karena itu sebagai upaya untuk menanggulangnya, dibuat usulan pembuatan alarm untuk *kanban boy*. Alarm tersebut diletakkan pada tablet yang telah dimiliki *kanban boy*. Sehingga ketika proses *press* berakhir *kanban boy* akan mengetahui melalui alarm tersebut. Alarm di *setting* setiap akhir proses *press*. Waktu dari proses *press* terdapat pada *press time* yang telah ditujukan dalam pengolahan data.





Gambar 6. Tampilan A3 Report

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Alur bisnis proses yang terjadi di PT XYZ Plant dimulai dari *request order raw material* oleh PIC kepada PCD. Kemudian barang datang akan diterima oleh *logistic welding* dilakukan transaksi *Good Received* dan kemudian *Transfer Posting* ke area *press*. *Software* yang digunakan ada dua yaitu SAP dan JIT yang saling melengkapi. Departemen *Press* akan melakukan perputaran kanban *zairyo*, *hasu* dan *kako*. Setelah dilakukan *press* akan masuk ke *welding*, *tosso* dan *assembly*. Transaksi terakhir yang dilakukan yaitu *backflush* yaitu menghapus semua item yang telah dilakukan *Good Received* di awal.
2. Berdasarkan pengamatan (*genba*) yang dilakukan di area *raw material* PTXYZ selama tanggal 16 Januari 2017 – 24 Februari 2017 dan 2 Agustus pada *shift* pagi, diperoleh beberapa temuan masalah yaitu adanya papan *mieruka* yang tidak terisi, adanya perputaran kanban yang tidak sesuai dengan prosedur dan kurangnya *monitoring* pada kanban.
3. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa ternyata penyebab COGI terbesar disebabkan oleh *raw material*.
4. Berdasarkan *fishbone analysis* terhadap masalah COGI maka didapatkan beberapa akar permasalahan yang kemudian dilakukan *improvement*.
5. Solusi yang diusulkan untuk menanggulangi masalah ini adalah melakukan pengawasan terhadap pengisian terhadap pengisian *mieruka*, menambahkan alat tablet, membuat alarm untuk *kanban boy*

Saran untuk penelitian selanjutnya berkaitan dengan topik yang diambil dalam kerja praktik ini.

1. Pihak perusahaan khususnya *Production Control Department (PCD)* dan *Press Department* hendaknya melakukan *genba patrol* untuk pengawasan papan *mieruka*



2. Pihak perusahaan juga setidaknya harus mendengarkan suara dari karyawan-karyawannya perihal kondisi di tempat mereka yang menyebabkan mereka melakukan kesalahan ini, dengan begitu masalah dapat diselesaikan dengan tepat secara bersama-sama.
3. Menambahkan alat elektronik yaitu tablet supaya digunakan untuk *kanban boy* sebagai alat pencatatan *hasu* kanban serta penambahan alarm apabila proses sudah selesai.
Perusahaan hendaknya menanamkan kembali kepada seluruh individu di perusahaan mengenai prinsip perusahaan yang tidak membuat cacat, tidak menerima cacat, dan tidak meneruskan cacat serta menghimbau agar prinsip tersebut benar-benar dilaksanakan dalam setiap kegiatan perusahaan.

Daftar Pustaka

- A3 Problem Solving Report. (2016). Anonim., dari Lean Indonesia website, akses online pada 1 Februari 2017, URL: <http://www.leanindonesia.com/2016/05/a3-problem-solving-report/>
- Achmadi, Hendra. (2008). Penggunaan Kanban dalam Metode *Just In Time* pada Produksi. Jakarta: Jurnal *CommIT* Vol. 2 No. 2.
- Council of Logistic Management. (1991). Definition of Logistics. (<http://www.cscmp.org/>>).
- Fogarty, D.w., Blacstone, J.H., & Hoffmann, T.R. (1991). *Production & Inventory Mangement*, South Western Publishing Co
- Tseng, Y., Yue, W. L., & Taylor, M. A. P. (2005). The Role of Transportation in Logistic Chain. *Proceeding of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 1657-1672.
- Tersine, R.J. (1994). *Principles of Inventory and Material Managements*, Prentice Hall International.
- Amri. (2006). Penerapan Sistem Kanban Penyediaan Material untuk Proses Produksi pada PT X. Aceh: *Jurnal Sistem Teknik Industri*, Volume 7



Perancangan Mesin Batik Cap Otomatis Tipe Modul Cap Bergerak

Misbachul Hanif, M. Arif Wibisono, dan I.G.B.Budi Dharma

Departemen Teknik Mesin Dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Jalan
Teknika Utara No. 2, Yogyakarta 55284 Telp: +62274521673
E-mail: mnifsky@gmail.com

Intisari

Batik merupakan salah satu warisan budaya yang telah lama berkembang dan dikenal oleh masyarakat Indonesia. Proses pembuatan batik dengan teknik wax resist dying (tulisan, cap, dan kombinasi) masih berperan besar di Indonesia, terutama yang digunakan industri batik kecil dan menengah. Kelemahan teknik ini ada pada kapasitas produksi dan kecepatan produksi yang rendah karena masih dikerjakan secara manual oleh para pengrajin batik. Dalam penelitian ini dikembangkan sistem manufaktur batik cap otomatis dengan pemanfaatan mesin batik cap otomatis tipe modul cap bergerak (CNC otomatis) untuk mencapai kepresisian, serta peningkatan efisiensi waktu produksi batik cap. Gerakan mesin CNC otomatis diatur oleh G-Code dan diinput melalui software ArtSoft Mach3. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah membandingkan dengan proses pengecapan yang telah ada. Metode ini dilakukan dengan mengamati proses pembuatan batik cap secara manual. Hasil dari metode tersebut kemudian disesuaikan agar dapat diaplikasikan pada mesin CNC otomatis. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan proses pengecapan yang diaplikasikan pada mesin CNC otomatis tipe modul bergerak dapat menghasilkan kualitas pengecapan yang hampir sama dengan kualitas proses manual. Hasil setting pada suhu malam 138°C dan waktu jeda (delay) 0,2 detik menunjukkan kualitas pengecapan yang terbaik. Hasil pengujian proses pengecapan pada 10 meter kain menunjukkan bahwa mesin CNC otomatis mempunyai waktu pengecapan 66 menit dan pada proses manual menunjukkan waktu selama 70 menit.

Kata kunci: Batik Cap, CNC, Benchmarking, G-Code

1. Pendahuluan

Proses pembuatan batik dengan teknik *wax resist dying* (tulisan, cap, dan kombinasi) masih berperan besar di Indonesia, terutama yang digunakan industri batik kecil dan menengah. Dari segi kualitas keunikan produk teknik ini memberikan nilai lebih tinggi pada kain batik dibanding tekstil bermotif batik. Kelemahan teknik ini ada pada kapasitas produksi dan kecepatan produksi yang rendah karena masih dikerjakan secara manual oleh para pengrajin batik.

Penelitian mengenai pengembangan proses manufaktur batik telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Wisudawan (2009) melakukan perancangan, pembuatan, dan pengujian mesin CNC batik. Kusumawardhana (2009) mengembangkan alat gambar batik berbasis CNC bernama *Can Think*. Perkasa (2013) melakukan penelitian untuk meningkatkan kemampuan produksi batik tradisional dengan mengembangkan proses produksi batik cap menggunakan mesin terkendali komputer (mesin CNC) yang dikembangkan oleh Wisudawan (2009). Wibowo (2014) melakukan perancangan, pembuatan, dan pengujian *prototype* bantalan lilin untuk mesin CNC batik cap yang juga dikembangkan oleh Wisudawan (2009).



Pada penelitian Perkasa (2013), mesin CNC yang digunakan untuk proses pengembangan produksi batik cap masih memiliki dimensi meja kerja yang terbatas serta waktu pengecapan yang masih lebih lambat dari pengecap ahli. Dan pada penelitian Wibowo (2014) *prototype* bantalan lilin untuk mesin CNC hanya didesain untuk posisi diam.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah ada, maka fokus didalam penelitian ini adalah pada pengembangan sistem produksi batik cap otomatis dengan pemanfaatan teknologi mesin CNC berdasarkan proses manufaktur. Pengembangan ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Perkasa (2013) karena penelitian ini akan menggunakan tipe mesin CNC batik cap yang berbeda baik dimensi, transmisi, maupun komponen pendukung lain seperti letak kompor dan bantalan lilinnya. Pengembangan lainnya adalah penyesuaian wajan yang sebelumnya dikembangkan oleh Wibowo (2014) agar bisa dipakai dalam kondisi bergerak. Sehingga dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan kepresisian proses produksi batik cap.

2. Metodologi

Beberapa langkah penelitian dilakukan untuk mengembangkan mesin batik cap ini. Langkah-langkah itu antara lain. Proses *Benchmarking*, dimana dilakukan agar dapat mengetahui dan melakukan pengamatan terhadap data-data yang diperlukan sebagai bahan pendukung penulisan. Kegiatan yang dilakukan dalam studi lapangan antara lain mengamati dan mempraktekan langsung proses pengecapan batik secara manual dan proses kerja mesin CNC batik. Selanjutnya dilakukan proses produksi dimana data yang diperoleh dari studi pustaka dan proses *benchmarking* digunakan untuk membuat proses produksi pada mesin CNC batik.

Langkah berikutnya adalah pengujian hasil pengecapan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kualitas dari proses pengecapan menggunakan mesin CNC batik otomatis apakah sudah sesuai dengan rancangan yang diinginkan. Tahap selanjutnya adalah analisis hasil dimana data hasil pengujian tersebut akan dibandingkan hasil kerja pengecapan menggunakan mesin cap batik otomatis terhadap standar kualitas pengecapan batik secara manual dan kecepatan dalam proses produksinya. Parameter standar kualitas pengecapannya ditentukan oleh keakuratan pengecapan dan ketembusan malam, sehingga dapat diambil kesimpulan terhadap penelitian yang dibuat.

3. Hasil dan Pembahasan

Mesin batik cap otomatis yang akan dikembangkan pada penelitian ini terletak mempunyai beberapa komponen. Komponen Mesin Batik Cap Otomatis Tipe Modul Cap Bergerak tersebut sebagai berikut:

1. Transmisi : *Rack and Pinion*
2. Linear slide : *LM Guide*
3. Rangka : Besi
4. Motor Penggerak : *Motor Stepper*
5. Perangkat Lunak Sistem Kendali : *Artsoft Mach3*
6. Dimensi meja kerja : 1300 cm x 122cm
7. Tipe : Modul Cap Bergerak



Gambar 1. Mesin Batik Cap Otomatis Tipe Modul Bergerak



Mesin batik cap otomatis tipe modul bergerak merupakan mesin batik cap yang terdiri dari meja kerja dengan panjang 13 m yang dilengkapi dengan *bridge* yang berjalan sepanjang meja kerja dengan membawa modul cap serta malam. Mesin digerakkan oleh 3 *motor stepper* dimana masing-masing *motor stepper* akan menggerakkan transmisi pada arah memanjang (sumbu X), arah melintang (sumbu Y), dan naik turunnya canting cap (sumbu Z).

Gerakan pada Mesin Batik Cap Otomatis Tipe Modul Bergerak dikendalikan oleh komputer dengan menggunakan software Mach3. *Software* tersebut berfungsi untuk menginput *G-Code* ke komputer *desktop* yang kemudian dihubungkan dengan *driver* pada mesin CNC, lalu *driver* akan mengkonversi perintah dari komputer desktop ke masing-masing *motor stepper*.

Pada penelitian ini, mesin batik cap otomatis tipe modul cap bergerak (CNC) berfungsi untuk melakukan proses pengecapan pada batik cap seperti yang dilakukan pengrajin pada proses pengecapan batik cap secara manual. Pada saat melakukan proses pengecapan, mesin CNC akan memakai *canting* yang sama dengan yang digunakan pengrajin batik. Akan tetapi ada sedikit modifikasi pada bagian atas *canting* cap dengan cara mencopot pegangan tangan agar bisa dipasang secara simetris pada bagian mounting cap disumbu Z pada mesin CNC.

Gerakan sumbu X pada mesin CNC adalah gerakan *bridge* pada posisi panjang kain, gerakan sumbu Y adalah gerakan modul cap pada posisi lebar kain, dan sumbu Z adalah gerakan naik turun modul cap saat mengambil malam dan melakukan pengecapan.

3.1 Pengembangan Mesin Batik Cap Otomatis Tipe Modul Cap Bergerak

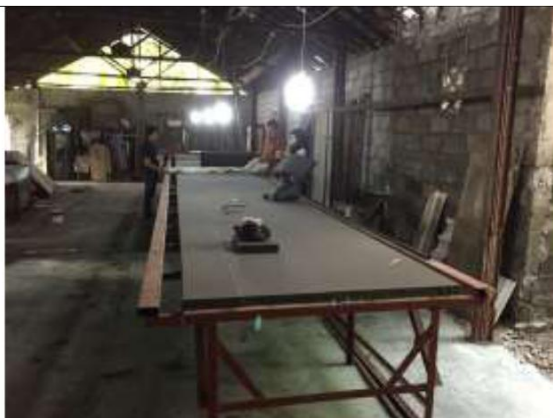
Pengembangan mesin batik cap otomatis tipe modul cap bergerak dilakukan dengan beberapa langkah. Peneliti terlebih dahulu harus mempersiapkan serta melengkapi beberapa komponen pada mesin CNC yang harus dibuat maupun dimodifikasi agar sesuai dengan kondisi yang diinginkan saat proses pengecapan. Persiapan komponen dan modifikasi yang harus dilakukan peneliti adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan struktur kerangka besi penyangga meja kerja dan pendukung pengendali sepanjang 10 m sehingga panjang total meja kerja menjadi 13 m. Meja kerja dengan panjang total 13 m berfungsi untuk mencetak kain mori yang memiliki panjang sampai dengan 12 m.
2. Membuat meja kerja dengan memasang papan kayu pada struktur kerangka besi tambahan sepanjang 10 m. Papan kayu berguna sebagai alas pijakan bantalan busa untuk kain pada proses pengecapan.
3. Membuat dan memasang jalur *rack* pada struktur kerangka besi tambahan sepanjang 10 m. *rack* berfungsi sebagai jalur transmisi pergerakan modul cap mesin CNC pada sumbu X.



Gambar 2. Pembuatan kerangka besi; pemasangan papan kayu dan pemasangan jalur rack

4. Membuat bantalan meja kerja dengan memasang bantalan busa setebal 4,5 cm dan di bagian atas papan kayu sepanjang 13 m. Bantalan busa berfungsi sebagai alas saat proses pengecapan.



Gambar 3. Memasang Bantalan Busa

5. Memasang lapisan kain kasa tebal (*slebrak*) sepanjang 13 m diatas busa bantalan yang sebelumnya telah terpasang dan memastikan kerataan meja menggunakan *waterpass*.
6. Memodifikasi wajan malam yang sebelumnya telah dikembangkan oleh Wibowo (2014) dengan merubah ketinggian pada bagian dinding wajan dari tinggi awal 3 cm menjadi 10 cm. Hal ini bertujuan agar malam cair pada wajan malam tidak tumpah saat bridge modul cap mesin CNC bergerak pada sumbu X.
7. Pembuatan sistem pemanasan malam yang baru dengan memodifikasi pemanas malam yang sudah ada sebelumnya pada modul bergerak. Pada awalnya pemanas malam pada modul bergerak menggunakan kompor listrik. Akan tetapi waktu yang dibutuhkan kompor listrik untuk mencairkan malam pada wajan dianggap terlalu lama karena dapat membutuhkan waktu antara 50 – 60 menit. Oleh sebab itu peneliti merubah kompor listrik menjadi kompor gas LPG dengan tabung 3 kg. Modifikasi itu mencakup pada pembuatan struktur kerangka rak besi yang berfungsi sebagai wadah tabung gas LPG 3 kg. Dengan menggunakan kompor gas LPG waktu yang dibutuhkan untuk mencairkan malam menjadi 17 – 18 menit.



Gambar 4. Wajan modifikasi (kiri) dan wajan lama (kanan) serta Sistem Pemanas Lama (Kiri) dan Sistem Pemanas Modifikasi (Kanan)

3.2 Aplikasi Proses Produksi Manual pada Mesin Batik Cap Otomatis Tipe Modul Cap Bergerak

Pada proses pengecapan menggunakan mesin CNC otomatis terdapat beberapa urutan proses tambahan guna penyesuaian dari proses pengecapan secara manual sehingga proses pengecapan menggunakan mesin CNC akan berubah menjadi seperti diagram alir berikut: Urutan proses produksi batik cap menggunakan mesin batik CNC otomatis adalah:

- Mengukur dimensi kain dan canting cap
- Pemasangan canting cap
- Setting awal mesin
- Menulis G-Code
- Simulasi offline G-Code pada software Mach3
- Memanaskan wajan malam
- Menaburkan abu pada meja bantalan
- Memanaskan canting cap
- Membenangkan dan merapikan kain
- Melakukan pengecapan

3.3 Menentukan Parameter *Setup* Mesin CNC Otomatis dan Pengujian

Pada proses ini peneliti akan menentukan parameter *setup* yang paling berpengaruh pada kualitas hasil pengecapan mesin CNC otomatis. Dari pengamatan ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil dan kualitas pengecapan dari mesin CNC otomatis. Faktor tersebut adalah pengaturan suhu dan waktu delay. Dua faktor tersebut akan digunakan sebagai parameter *setting* pada eksperimen untuk mengetahui kombinasi faktor yang paling optimal terhadap kualitas pengecapan mesin CNC otomatis. *Output* yang akan diukur dalam pengujian adalah lebar garis malam pada motif batik yang dihasilkan dari kombinasi faktor – faktor yang telah ditentukan. *Output* tersebut nantinya akan dibandingkan dengan output lebar garis malam yang dihasilkan oleh pengrajin pada proses pengecapan *canting* cap yang dilakukan secara manual. Lebar garis malam diukur menggunakan *digital caliper* dalam satuan milimeter (mm). Hasil pengecapan *canting* cap secara manual yang dilakukan oleh pengrajin akan dijadikan sebagai patokan terhadap kualitas pengecapan *canting* cap batik yang baik.



Gambar 5. Hasil Pengamatan Lebar Malam

Dari hasil pengamatan diatas didapatkan bahwa kombinasi antara temperatur malam 138°C dan waktu delay 0,2 detik dengan nilai output rata-rata pengecapan sebesar 1,318 mm dianggap paling mendekati standar pengecapan secara manual.



3.4 Konfirmasi Ketembusan Hasil Cap pada Ahli

Konfirmasi kepada ahli diperlukan untuk mengetahui apakah hasil pengecapan yang dilakukan oleh mesin CNC batik sudah tembus sempurna kebelakang atau belum. Ahli adalah pengrajin cap di Perusahaan Batik Mekar dan telah berpengalaman selama 38 tahun. Dalam proses pengecapan, malam harus tembus kebelakang kain agar saat proses pewarnaan bagian yang ditutupi malam tidak ikut terisi warna.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pada suhu malam 133°C dengan waktu *delay* 0 – 0,6 detik malam tidak tembus sempurna, dan pada suhu malam 138°C dengan waktu *delay* 0 – 0.6 detik malam sudah tembus sempurna.

Tabel 1. Ketembusan Malam

Suhu (°C)	Waktu delay (s)			
	0	0.2	0.4	0.6
133	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
138	Tembus	Tembus	Tembus	Tembus
143	Tembus (mblobor)	Tembus (mblobor)	Tembus (mblobor)	Tembus (mblobor)
148	Tembus (mblobor)	Tembus (mblobor)	Tembus (mblobor)	Tembus (mblobor)



Gambar 6. Contoh Malam Tembus Sempurna

3.5 Perbandingan Penggunaan Mesin Batik Cap Otomatis Tipe Modul Bergerak dengan Pengerjaan Secara Manual

Adapun hal-hal yang dibandingkan antara proses pengecapan menggunakan mesin CNC batik cap dengan pengecapan secara manual adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan
Kecepatan proses produksi batik cap adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pengecapan batik cap pada panjang kain tertentu. Dalam hal ini peneliti mengamati waktu yang dibutuhkan mesin CNC batik cap dan pengrajin untuk menyelesaikan proses pengecapan pada kain yang memiliki panjang 10 meter. Dalam proses pengecapan menggunakan mesin CNC batik didapatkan waktu pengerjaan pengecapan pada 10 meter kain selama 66 menit. Dan dalam proses pengecapan secara manual oleh pengrajin didapatkan waktu pengerjaan pengecapan pada 10 meter kain selama 70 menit. Waktu tersebut tidak termasuk waktu istirahat pengrajin disela-sela pengerjaan pengecapan manual pada kain sepanjang 10 m.
2. Ketepatan
Ketepatan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah selisih pergeseran *penitis* dari satu pengecapan ke pengecapan selanjutnya. Pada pengamatan ini peneliti menggunakan alat *digital caliper* untuk mengukur jarak antar *penitis*. Dari hasil pengamatan didapatkan

bahwa mesin CNC batik melakukan pergeseran *penitis* saat pengecapan sebesar 0,2 mm sedangkan proses pengecapan secara manual oleh pengrajin mempunyai pergeseran rata-rata *penitis* sebesar 0,98 mm.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dikembangkan proses produksi batik cap dengan pemanfaatan mesin batik cap otomatis tipe modul cap bergerak (CNC).
2. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan bahwa kombinasi faktor suhu dan waktu *delay* yang paling mendekati standar yang telah ditentukan adalah pada suhu 138°C dan *delay* 0.2 detik.
3. Berdasarkan konfirmasi pada ahli, ketembusan malam sempurna terjadi pada suhu 138°C dengan waktu *delay* antara 0 – 0,6 detik.
4. Berdasarkan pengamatan terhadap waktu proses pengecapan didapatkan bahwa waktu proses pengecapan mesin CNC batik otomatis tipe modul bergerak pada 10 meter kain mori adalah 66 menit. Dan waktu pengecapan secara manual oleh pengrajin adalah 70 menit. Waktu tersebut tidak termasuk waktu istirahat pengrajin disela-sela pengerjaan pengecapan manual pada kain sepanjang 10 m.
5. Rata-rata ketepatan selisih pergeseran penitis pada mesin CNC batik otomatis tipe modul bergerak adalah 0,2 mm dan selisih pergeseran penitis oleh pengrajin adalah 0,98 mm.

Daftar Pustaka

- Fulton, S., and Fulton, J., 2011, *HTML5 Canvas Native Interactivity and Animation for the Web*, p. 1-2, O'Reilly Media, United States of America.
- Groover, Mikel P., and Zimmers, Emory W. Jr., 1984, *Computer Design and Manufacturing*, Practice-Hall International, Inc., New York.
- Hariadi, Y., Lukman, M., and Haldani, A., 2007, Batik Fractal: From Traditional Art to Modern Complexity, *Proceeding Generative Art X Milan Italia.Arte-Polis 3, International Conference On Creative Collaboration and TheMaking of Place 1*.
- Kuspriyanto dan Seputro, H., 2005, *Mesin CNC*, Bandung, Hal : 2.
- Kusumawardana, Y. H., 2009, *Pengembangan Alat Gambar Batik Otomatis Berbasis CNC*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Perkasa, M. A. I., 2013, *Perancangan Proses Produksi Batik Cap Menggunakan Mesin CNC Batik*, Disertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Purba, A., Saleh, G., dan Krisnawati, A., 2005, *TRIPs – WTO dan Hukum HKI Indonesia*, PT Rineka Cipta, Jakarta.
- Samsi, S. S., 2007, *Teknik dan Ragam Hias Batik*, PPBI Sekarjagad, Yogyakarta.
- Susanto, S., 1980, *Seni Kerajinan Batik Indonesia*, Balai Penelitian Batik dan Kerajinan.
- Tutorials Point, 2015, *JavaScript : JavaScript Language*.
- UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization), 2009, Indonesian Batik, akses online pada 1 April 2016, URL: <http://www.unesco.org/culture/ich/en/lists?RL=00170>.
- Wibisono, M. A. dan Toha, I. S., 2000, Desain Motif Batik *Canting Cap* Berbantuan Komputer, *Prosiding Seminar Nasional Proses Produksi*, Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Wibisono, M. A., Wisudawan, C. G., Afriliana, E. H., Arbi, A., 2010, Integrasi Proses Desain dan Manufaktur Batik Tulis, *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9*, Palembang.



- Wibisono, M. A., Dharma, I. G. B., Suswantono, A., dan Imani, M. A., 2012, Integrasi Desain dan Manufaktur Batik Cap, *Proceeding Annual Engineering Seminar 2-12*, Kantor Pusat Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada hal A126-A133.
- Wibowo, A. K., 2014, *Perancangan Bantalan Lilin Untuk Mesin CNC Batik Cap*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wisudawan, C. G., 2009, *Perancangan Mekanik Mesin CNC Batik*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.



Pengaruh Penambahan MgO Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Biokeramik Bovine Hydroxyapatite Yang Disinter

Muhammad Kusumawan Herliansyah, Dhananjaya Yama Huda Kumarajati

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika 2 UGM, Yogyakarta 55281

E-mail: herliansyah@ugm.ac.id

Intisari

Hydroxyapatite (HA; $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) merupakan bioceramic yang penting untuk merekonstruksi jaringan keras (hard tissues) seperti tulang dan gigi. HA banyak digunakan sebagai bone graft atau bone filler karena memiliki sifat biocompatible, osteoconductive, non-toxic, non-inflammatory, non-immunogenic, bioactive. HA juga memiliki komposisi kimia, biologi, dan struktur kristal yang sama dengan mineral dalam tulang maupun gigi. Sebagai bone graft, HA harus memiliki kekuatan yang memadai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan doping agent MgO pada dense Bovine Hydroxyapatite (BHA) yang disintering. BHA disiapkan melalui proses defatting dan kalsinasi. Selanjutnya serbuk MgO ditambahkan pada BHA dengan komposisi mulai 0%wt sampai dengan 5%wt. menggunakan pelarut aquades. Pasta komposit BHA+MgO yang dihasilkan dicetak untuk menghasilkan specimen dan dilanjutkan dengan proses pengeringan dalam suhu ruang selama 24 jam hingga didapatkan green body. Proses sintering dilakukan pada suhu 1250°C , dengan heating rate $5^\circ\text{C}/\text{menit}$, dan holding time 120 menit. Kemudian sampel diuji tekan ($n=3$, Silindris, $\varnothing 6\text{mm}$, $T12\text{mm}$), dan densitas ($n=3$, Silindris, $\varnothing 15\text{mm}$, $T6\text{mm}$). Komposit BHA+MgO dengan kekuatan tekan dan densitas terbaik dikarakterisasi dengan XRD dan FTIR untuk mengetahui kemurniannya.

Hasil penelitian menunjukkan bone scaffold dari BHA+2% MgO memiliki kekuatan tekan rata-rata sebesar 1,65MPa dan penambahan material aditif MgO tidak merusak kemurnian dan gugus fungsi material BHA. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa bone scaffold yang dihasilkan pada penelitian ini berpotensi digunakan untuk bone scaffold pada aplikasi biomedis. Namun demikian sejumlah pengujian biologi dan klinis masih diperlukan sebelum digunakan secara luas.

Kata Kunci: Pengaruh MgO, bovine Hydroxyapatite, dense biokeramik, sintering.

1. Pendahuluan

Kesehatan merupakan sesuatu yang sangat penting dan sangat diperlukan dalam kehidupan manusia. Setiap orang ingin memiliki kesehatan yang prima. Sehat seringkali dinyatakan sebagai “a state of complete physical, mental, and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity” (WHO, 1948). Kelengkapan secara fisik merupakan salah satu syarat untuk dikatakan sehat. Fisik atau jaringan tubuh manusia pada dasarnya terdiri atas dua bagian, yaitu: jaringan lunak (soft tissue) dan jaringan keras (hard tissue). Jaringan tubuh yang tidak lengkap atau mengalami gangguan dapat diatasi dengan melakukan restorasi, yaitu dengan mengganti, melengkapi atau memperbaiki jaringan tubuh (graft) yang tidak ada atau cacat. Restorasi dapat dilakukan dengan cara autograft (mengambil graft dari tubuh sendiri), allograft (mengambil graft dari spesies yang sama)



atau *xenograft* (mengambil *graft* dari spesies yang berbeda (Joschek, et al., 2000; Thomas dan Theodore, 2008; Katja, et al., 2008).

Penggunaan metode *autograft* sebagai metode restorasi memberikan keuntungan yaitu tidak menimbulkan masalah secara biologis karena menggunakan bagian dari tubuhnya sendiri. Tetapi metode *autograft* mempunyai kelemahan yaitu terbatasnya jaringan yang dapat diambil pada tubuh pasien itu sendiri, pasien dapat mengalami morbiditas, meningkatnya resiko infeksi, resiko kehilangan darah, adanya tambahan waktu anastesi, dan adanya tuntutan biaya perawatan yang lebih tinggi. Untuk mengatasi hal itu banyak dikembangkan restorasi dengan menggunakan metode *allograft* atau *xenograft*, tetapi diperlukan ketepatan bahan agar tidak menimbulkan reaksi atau masalah dengan sistem jaringan sekitar. Bioceramics adalah salah satu bahan yang dipandang tepat untuk memperbaiki/merestorasi/merekonstruksi atau mengganti jaringan keras tubuh akibat penyakit atau kerusakan lainnya. Contoh aplikasi bioceramics adalah pada area *orthopedics*, *dentistry*, *maxillofacial*, dan *cancer treatment* (Thamaraiselvi dan Rajeswari, 2004).

Hydroxyapatite (HA; $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) adalah salah satu jenis *bioceramic material* yang penting untuk merekonstruksi jaringan keras (*hard tissues*) pada tubuh manusia seperti tulang dan gigi. HA telah banyak diuji dan digunakan sebagai bahan *bone graft* atau *bone filler* sejak tahun 1960an (Ozyegin et al., 2004). Hasil-hasil riset menunjukkan bahwa HA memiliki potensi besar untuk digunakan dalam aplikasi biomedis sebagai bahan *bone graft* atau *bone filler* karena HA memiliki sifat-sifat yang sangat diperlukan pada material *implant* seperti: *biocompatible*, *osteoconductive*, *non-toxic*, *non-inflammatory*, *non-immunogenic*, dan *bioactive*. Selain itu, HA murni juga memiliki komposisi kimia, biologi, dan struktur kristal yang sama dengan mineral yang terdapat dalam jaringan tulang (Hu and Miao, 2003; Xu dan Simon, 2004; Murugan and Ramakrishna, 2004; Kroese-Deutman et al., 2005).

Karena sifat-sifat HA tersebut, berbagai teknik telah dan sedang dikembangkan untuk memproduksi HA *bioceramic*. Pada dasarnya ada dua metoda utama yang digunakan untuk memproduksi HA *bioceramic*. HA dapat diproduksi melalui proses sintesa kimia (*chemical synthesis*) dan dapat pula diperoleh dari pemrosesan bahan baku alami (*natural-biological origin material*). Namun demikian, sebagian besar material HA yang tersedia secara komersial diproduksi melalui proses sintesa kimia seperti: metode presipitasi (Yang et al., 2005; Ramesh et al., 2007), *solid state reaction route* (Cao et al., 2005) *hydrothermal method* (Ashok, et al., 2007), *combustion preparation* (Engin & Tas, 1999), *sol-gel route* (Wang et al., 2004; Han et al., 2004), *micro emulsion route* (Lim et al., 1996 and 1997) dan *mechano-chemical method* (Toriyama et al., 1996; Yeong, 1999). Meskipun tersedia berbagai metode pembuatan HA melalui sintesa kimia, namun demikian sejumlah problem masih menyertainya seperti: ketidak homogenan komposisi kimia, penggumpalan (*agglomeration*) karena temperatur *calcinations* yang terlalu tinggi, hadirnya berbagai bahan pencemar (*impurities*), memerlukan metode setup *experiment* yang rumit, sebagian besar teknik pemrosesan berbasis sintesa kimia memerlukan bahan-bahan kimia organik dan anorganik yang sangat mahal sebagai bahan dasarnya dan sangat terbatas untuk mensintesa HA dalam jumlah yang sangat sedikit. Hal inilah yang menyebabkan harga HA komersial menjadi sangat mahal.

Kondisi tersebut mendorong para peneliti untuk berusaha menemukan metode yang dapat meningkatkan kapasitas produksi HA, diantaranya dengan menggunakan bahan baku alami sebagai bahan baku pembuatan HA, seperti: coral (Demers et al., 2002; Ben-Nissan, 2003), seashells (Vecchio et al., 2007), cangkang telur (Rivera et al., 1999; Sasikumar & Vijayaraghavan, 2006; Herliansyah et al., 2011), *cuttlefish shells* (Rocha et al., 2005 & 2005a; Zhang & Vecchio, 2007; Herliansyah et al., 2012), gypsum alam (*calcium sulfate*; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Herliansyah et al., 2006a) dan calcite alam (*calcium carbonate*; CaCO_3) (Herliansyah et al., 2007), tulang lembu atau *bovine bone* (Lin, et al., 1999; Joschek, et al., 2000; Toque et al., 2006; 2006a dan 2006b; Ooi et al., 2007;



Herliansyah et al., 2009). HA dari bahan baku alami memiliki beberapa keunggulan penting seperti: tersedia hampir diseluruh penjuru dunia dalam jumlah yang hampir tidak terbatas, harga bahan baku yang sangat rendah bahkan beberapa diantaranya termasuk dalam katagori sampah biologi, menggunakan peralatan yang sederhana dan relative murah untuk melakukan proses transformasi dari bahan baku menjadi HA, proses transformasi yang cepat dan memiliki efisiensi yang tinggi sehingga sangat tepat digunakan untuk menghasilkan HA dalam kapasitas yang jauh lebih besar.

Dari sisi penggunaannya dalam aplikasi biomedis, HA juga masih memiliki persoalan yang belum sepenuhnya terpecahkan. Terutama terkait kekuatan material HA yang rendah sehingga HA tidak dapat digunakan sebagai *load bearing material*. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki kekuatan mekanik dense BHA melalui penambahan MgO dalam jumlah yang kecil dengan harapan dapat dilakukan perbaikan kekuatan mekanik tanpa mempengaruhi kemurnian BHA tersebut.

2. Metodologi

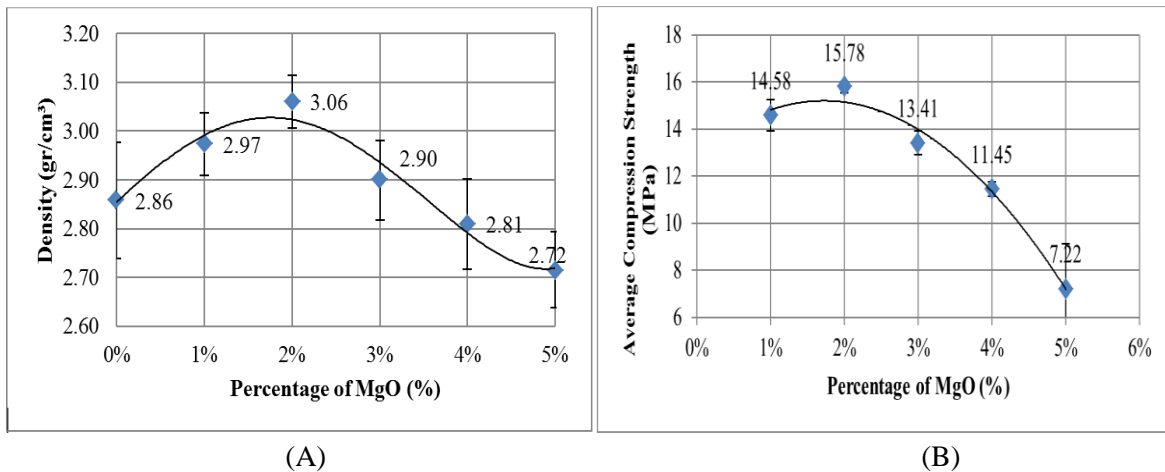
Penelitian ini dilakukan serbuk BHA dengan ukuran partikel rata-rata 47 μm disintesis dari tulang sapi sesuai dengan penelitian Herliansyah dkk. (2009). Serbuk MgO (Tomita Pharmaceutical Co., Ltd., CAS No. 1309-48-4, kemurnian 96,9%) ditambahkan pada serbuk BHA dengan enam komposisi yang berbeda (0, 1, 2, 3, 4, 5% MgO dari berat total sampel). Distilled water ditambahkan pada campuran BHA-MgO dengan perbandingan 10 gr BHA-MgO dengan 4 ml distilled water untuk membentuk pasta BHA-MgO. Pasta tersebut dituangkan kedalam cetakan berdiameter 15 mm dan tinggi 6 mm untuk pengujian densitas serta cetakan silinder berdiameter 6 mm dan tinggi 12 mm untuk pengujian tekan. Selanjutnya dikeringkan selama 24 jam untuk mendapatkan greenbody.

Setelah green body kering, dilakukan proses sintering dengan dipanaskan didalam electronic box furnace pada temperatur 1250°C, dengan heating rate 5°C/menit, dan ditahan selama 120 menit untuk menyatukan partikel-partikel campuran BHA-MgO. Bone scaffold BHA-MgO yang dihasilkan selanjutnya diuji densitasnya menggunakan metode Archimedes dan diuji kekuatan tekannya menggunakan computer servo control material testing machine. Phase purity dari sampel yang dihasilkan diuji dengan X-ray Diffraction (XRD, X-Ray Diffractometer, Shimadzu XRD-6000), sedangkan komposisi kimianya dianalisis menggunakan Fourier Transform Infra Red analysis (FTIR Spectrophotometer 8201PC, Shimadzu).

3. Hasil dan Pembahasan

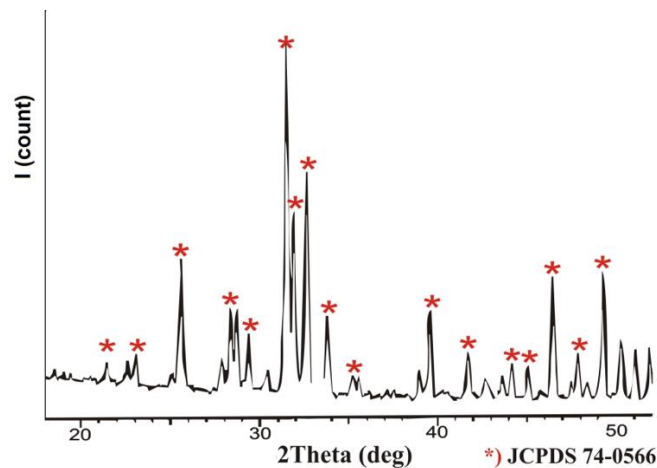
Hasil pengujian densitas terhadap keenam komposisi komposit BHA-MgO menunjukkan densitas sebesar 2,86 gr/cm³ pada kandungan MgO 0%. Nilai densitas tersebut kemudian naik seiring dengan kenaikan persentase MgO dalam komposit BHA-MgO dan mencapai puncaknya pada saat kandungan MgO sebesar 2% dengan densitas sebesar 3,06 gr/cm³. Densitas komposit BHA-MgO menurun hingga mencapai 2,72 gr/cm³ pada saat kandungan MgO sebesar 5%. Hubungan antara persentase MgO dengan densitas komposit BHA-MgO ditunjukkan pada Gambar 1.(A). Hasil pengujian densitas komposit BHA-MgO memiliki hubungan yang sangat erat dengan sifat mekanis material tersebut. Semakin tinggi densitas material maka akan semakin tinggi kekuatan mekanisnya (Barsoum, 2003). Hal tersebut ditunjukkan pada hasil pengujian kekuatan tekan komposit BHA-MgO pada Gambar 1.(B) yang memiliki kecenderungan yang sama dengan hasil pengujian densitasnya. Hasil-hasil pengujian yang diperoleh dalam penelitian ini memiliki kesesuaian dengan hasil yang dicapai oleh Kalita & Ferguson (2006) yang melakukan pengujian terhadap komposit biokeramik Mg-TCP.





Gambar 1. Pengaruh persentase kandungan MgO terhadap: (A) densitas dan (B) kekuatan tekan komposit BHA-MgO

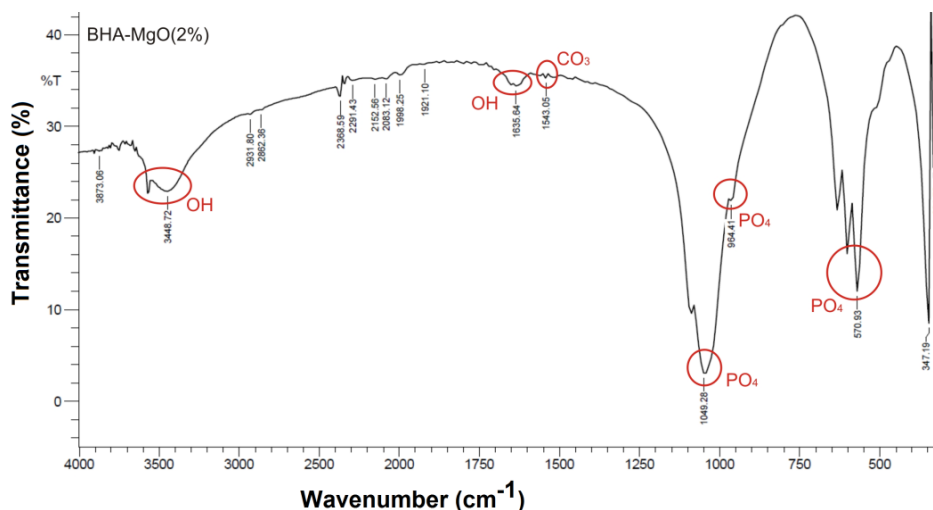
Oktar, dkk. (2007) menyebutkan bahwa meningkatnya nilai densitas dari komposit BHA-MgO terjadi karena terbentuknya *glassy phase* pada saat proses *sintering*. *Glassy phase* ini membasahi partikel dan menutup pori, menghasilkan komposit yang lebih padat. Dari pengujian densitas dan kekuatan tekan tersebut diketahui bahwa komposit BHA-MgO dengan kandungan MgO sebesar 2% berat memiliki sifat mekanik yang terbaik diantara sampel-sampel yang lain. Selanjutnya dilakukan pengujian *phase purity* dengan XRD analysis terhadap komposit BHA-MgO tersebut yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil pengujian *phase purity* menunjukkan kemurnian BHA tidak terpengaruh dengan penambahan MgO

Hasil pengujian XRD ditampilkan dalam bentuk *peak-peak* seperti pada Gambar 2, yang menunjukkan struktur kristal komposit BHA-MgO. *Peak-peak* yang muncul tersebut selanjutnya

dibandingkan dengan data *Hydroxyapatite* standart JCPDS 74-0566. Dari hasil pengujian tersebut diketahui bahwa seluruh *peak* yang muncul menunjukkan kesesuaian dengan *peak Hydroxyapatite* standart dan tidak dijumpai adanya *peak* MgO. Kondisi tersebut memberikan informasi bahwa tidak terjadi perubahan struktur kristal BHA setelah ditambahkan MgO kedalamnya sebanyak 2% berat. Hasil pengujian tersebut diperkuat pula oleh hasil pengujian komposisi kimia dengan menggunakan FTIR *analysis* seperti ditampilkan pada Gambar 3. Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam komposit BHA-MgO.



Gambar 3. Hasil pengecekan gugus-gugus fungsi utama penyusun BHA-MgO menggunakan FTIR *analysis* mengindikasikan hadirnya gugus-gugus utama HA tanpa adanya unsur lain.

Hasil analisis FTIR pada Gambar 3 memperlihatkan hadirnya gugus fungsi PO_4 , OH^- , dan CO_3 sebagai gugus-gugus molekul utama penyusun *Hydroxyapatite*. Gugus fungsi PO_4 *stretching* terlihat pada bilangan gelombang 1049,28 dan 964,41 cm^{-1} , gugus PO_4 *bending* muncul pada bilangan gelombang sekitar 601,79-470,63 cm^{-1} . Gugus fungsi CO_3 (ν_3) tampak pada bilangan gelombang 1543,05 cm^{-1} . Gugus OH^- terlihat pada bilangan gelombang 3448,72 cm^{-1} dan 1635,64 cm^{-1} . Kehadiran gugus-gugus fungsi tersebut menjadi penanda bahwa penambahan MgO sebanyak 2% tidak mempengaruhi kemurnian BHA. Hal tersebut juga menjadi indikator bahwa komposit BHA-MgO memiliki peluang besar untuk dapat digunakan sebagai bahan *bone scaffold* karena karakteristik kimiawinya tetap sama dengan HA.

4. Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian menunjukkan komposit BHA-2% MgO memiliki densitas dan rata-rata kekuatan tekan terbaik. Hasil pengujian kekuatan tekan terhadap *bone scaffold* komposit BHA-MgO menunjukkan, kekuatan tekan rata-rata sebesar 1,65MPa, yang setara dengan kekuatan tekan tulang *cancellous* manusia (0,5-14,6 MPa). Hasil pengujian *phase purity* dan komposisi kimia menunjukkan bahwa penambahan MgO sebanyak 2% tidak mempengaruhi kemurnian BHA. Sehingga komposit BHA-MgO berpotensi untuk digunakan sebagai *bone scaffold* pada aplikasi biomedis.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat terlaksana atas dukungan dari Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada melalui Hibah Penelitian DTMI Tahun 2017.



Daftar Pustaka

- Barsoum, Michel W., 2003, *Fundamental of Ceramics*, Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing Ltd.
- Ben-Nissan, B. (2003) Natural bioceramics: from coral to bone and beyond, *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 7, 283-288
- Demers, C, Hamdy, C. R., Corsi, K, Chellat, F, Tabrizian, M and L'Hocine, Y. (2002). Natural Coral Exoskeleton as a Bone Graft Substitute: A review. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 12, 15-35.
- Herliansyah, M.K., Hamdi, M., Ide-Ektessabi, A., & Wildan, M.W., 2009, "The Influence of Sintering Temperature on the Properties of Compacted Bovine Hydroxyapatite". *Material Science and Engineering C*, 29. pp 674-1680.
- Herliansyah, M.K., Pujianto, E., Hamdi, M., Ide-Ektessabi, A., Wildan, M.W. & Tontowi, A.E. (2006) Preparation and characterization of natural hydroxyapatite: study of x-ray diffraction result from bovine bone hydroxyapatite and natural gypsum hydroxyapatite, *Proceeding of International Conference on Product Design and Manufacture 2006*, Department of Mechanical Engineering, Gadjah Mada University, Indonesia.
- Herliansyah, M.K., Toque, J.A., Hamdi, M. Ide-Ektessabi, A., and Wildan, M.W. (2006a), Production and Characterization of Bovine Bone Hydroxyapatite: effect of the material shapes and heating temperature, *ISTECS-JOURNAL*, 8, 25-33.
- Herliansyah, M.K., Nasution, D.A., Hamdi, M., Ide-Ektessabi, A., Wildan, M.W. & Tontowi, A.E. (2007) Preparation and Characterization of Natural Hydroxyapatite: a comparative study of bovine bone hydroxyapatite and hydroxyapatite from calcite, *Materials Science Forum*, 561-565, 1441-1444.
- Herliansyah, M.K., Sakti, Y.M. Suyitno, dan Dewo, P., (2011), Pembuatan Hydroxyapatite Bone Filler Dari Cangkang Telur Untuk Aplikasi Biomedis, Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin XI 2011, BKSTM-UB, Malang, Indonesia.
- Herliansyah, M.K., Suyitno, Dewo, P., Hamdi, M. & Ide-Ektessabi, A, 2011, "Development and Characterization of Bovine Hydroxyapatite Porous Bone Graft for Biomedical Applications", *Advanced Materials Research* Vol. 277 pp 59-65.
- Hu, Y. & Miao, X., 2003, "Comparison of Hydroxyapatite Ceramics and Hydroxyapatite/borosilicate Glass Composites Prepared by Slip Casting". *Ceramics International*, 52, pp 1898-1905.
- Joschek, S., Nies, B., Krotz, R. & Göpferich, A., 2000, "Chemical and Physicochemical Characterization of Porous Hydroxyapatite Ceramics Made of Natural Bone", *Biomaterials*, 21. Pp 1645-1658.
- Kalita, S.J. & Ferguson, M., 2006, "Fabrication of 3D Porous Mg/Zn doped Tricalcium Phosphate Bone-Scaffold via the Fused Deposition Modeling", *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 2(2). pp 57-60.
- Katja, M.R.N. & Rechenberg, B., 2008, "Biocompatible Issues with Modern Implants in Bone-A Review for Clinical Orthopedics", *The Open Orthopedics Journal*, 2, pp 66-78.
- Kroese-Deutman, H.C., Quinten Ruhe, P., Spauwen, P.H.M. and Jansena, J.A., 2005, "Bone Inductive Properties of rhBMP-2 Loaded Porous Calcium Phosphate Cement Implants Inserted at an Ectopic Site in Rabbits". *Biomaterials*, 26, pp 1131-1138.
- Lin, F-H., Liao, C-J., Chen, K-S. & Sun, J-S. (1999). Preparation of a biphasic porous bioceramic by heating bovine cancellous bone with Na₄P₂O₇.10H₂O addition. *Biomaterials*, 20, 475-484
- Murugan, R. & Ramakrishna, S., 2004, "Coupling of Therapeutic Molecules onto Surface Modified Coralline Hydroxyapatite". *Biomaterials*, 25, 3073-3080.



- Ooi, C.Y., Hamdi, M. & Ramesh S. (2007). Properties of hydroxyapatite produced by annealing of bovine bone. *Ceramics International*, 33(7), 1171-1177.
- Ozyegin, L. S., Oktar, F. N., Goller, G., Kayali, E. S. & Yazici, T., 2004, "Plasma-Sprayed Bovine Hydroxyapatite Coatings". *Materials Letters*, 58, pp 2605-2609.
- Rivera, E.M., Araiza, M., Brostow, W., Castaño, V.M., Díaz-Estrada, J.R., Hernández, R. & Rodríguez, J.R. (1999) Synthesis of hydroxyapatite from eggshells, *Materials Letters*, 41, 128–134.
- Rocha, J.H.G., Lemos, A.F., Kannan, S., Agathopoulos, S. & Ferreira, J.M.F. (2005) Hydroxyapatite scaffolds hydrothermally grown from aragonitic cuttlefish bones, *J. Mater. Chem.*, 15, 5007–5011.
- Rocha, J.H.G., Lemos, A.F., Agathopoulos, S., Valerio, P., Kannan, S., Oktar, F.N. & Ferreira, J.M.F. (2005a). Scaffolds for bone restoration from cuttlefish, *Bone*, 37, 850-857.
- Sasikumar, S. & Vijayaraghavan, R. (2006) Low Temperature Synthesis of Nanocrystalline Hydroxyapatite from Egg Shells by Combustion Method, *Trends Biomater. Artif. Organs*, 19, 70-73.
- Thomas, T.H. & Theodore, I.M., 2008, "Microparticulate cortical allograft: An alternative to autograft in the treatment of osseous defect", *The Open Orthopedics Journal*, 2, pp 91-96.
- Toque, J.A., Herliansyah, M.K., Hamdi, M., Ide-Ektessabi, A. & Wildan, M.W. (2006). The effect of sample preparation and calcination temperature on the production of hydroxyapatite from bovine bone powders. *IFMBE Proceedings (Springer)*, 15, 147-150.
- Vecchio, K.S., Zhang, X., Massie, J.B., Wang, M. & Kim, C.W. (2007) Conversion of bulk seashells to biocompatible hydroxyapatite for bone implants, *Acta Biomaterialia* 3, 910–918.
- WHO, 1948, Preamble to the Constitution of the World Health Organization, <http://www.who.int/about/definition/en/>, diakses Agustus 2005.
- Xu, H.H.K. & Simon, C.G., 2004, "Self-Hardening Calcium Phosphate Composite Scaffold For Bone Tissue Engineering", *Journal of Orthopaedic Research*, 22, p 535.
- Zhang, X., & Vecchio, K.S. (2007) Hydrothermal synthesis of hydroxyapatite rods, *Journal of Crystal Growth*, 308, 133–140.



Perancangan Alat Pencelupan Kain Batik yang Ergonomis di Sentra Batik Bogor Tradisiku

Nurfajriah, Rifa Arifati

Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta
Jalan RS Fatmawati No. 1 Pondok Labu Jakarta Selatan 12450
Telp. 021 7656971
E-mail: zhieee_zhia@yahoo.com

Intisari

Ergonomi merupakan disiplin ilmu yang mengkaji kemampuan dan keterbatasan manusia untuk menciptakan sistem kerja yang optimal. Ergonomi sebaiknya diterapkan di sistem kerja atau industri yang umumnya dikerjakan oleh manusia secara manual. Salah satu industri yang dikerjakan manual dan sedang berkembang adalah Sentra Batik Bogor Tradisiku. Penelitian sebelumnya menunjukkan terdapat proses yang memiliki postur kerja beresiko yaitu proses pencelupan. Dari penghitungan RULA dengan proses kerja sekarang didapat nilai 7 yang berarti sangat membahayakan bagi kesehatan dan dibutuhkan investigasi maupun perbaikan sekarang juga. Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan penelitian perancangan alat pencelupan dengan prinsip-prinsip ergonomi. Penelitian diawali dengan pengambilan data antropometri dan kuesioner Nordic Body Map. Setelah itu dengan melihat hasil RULA, dirancang alat. Rancangan disimulasikan dengan Software Jack untuk mendapatkan nilai RULA hasil rancangan. Dari hasil, didapat nilai RULA 2 yang berarti dapat di terima atau aman dan tidak membahayakan bagi kesehatan dan tidak dibutuhkan investigasi maupun perbaikan.

Kata Kunci: alat pencelup batik, ergonomi, RULA, perancangan produk.

1. Pendahuluan

Ergonomi merupakan disiplin ilmu yang mengkaji tentang kemampuan dan keterbatasan yang dimiliki oleh manusia, serta interaksi antara manusia dengan elemen sistem yang lain dalam rangka menciptakan sistem kerja yang optimal. Salah satu prinsip dasar ergonomi dalam perancangan adalah *human centered design*, yaitu suatu rancangan hendaknya memperhatikan faktor manusia sebagai pengguna yang mempunyai berbagai keterbatasan secara individu. Aspek dimensi fisik merupakan salah satu hal mendasar yang harus dipertimbangkan dalam perancangan untuk mendapatkan produk yang ergonomis. Kajian tentang disiplin ini dapat dilakukan pada berbagai macam pekerjaan, baik di industri besar maupun industri kecil. Salah satunya adalah industri kerajinan batik, yang umumnya dikerjakan manual oleh manusia.

Industri batik saat ini merupakan industri yang sedang mengalami perkembangan pesat. Salah satu sentra pembuatan batik yang terkenal adalah sentra batik Bogor Tradisiku yang telah mendapatkan hak cipta untuk motif hujan gerimis, kijang, kujang dan bunga teratai. Sentra batik ini memiliki 15 orang pegawai tetap dan 10 orang freelance.

Mahfudh dkk (2014) telah menganalisis postur kerja dengan menggunakan alat ukur REBA (Rapid Entire Body Assessment) pada operator membuat pola, operator batik canting, operator batik



cap dan operator pewarnaan kain. Berdasarkan penelitian ini, diperoleh bahwa skor tertinggi terdapat pada operator pewarnaan kain dengan skor 9 yaitu level resiko sangat tinggi dan perlu perbaikan sekarang juga. Postur kerja operator pada saat melakukan proses ini adalah berdiri dengan postur tubuh membungkuk. Untuk mengatasi keluhan akibat postur kerja yang tidak normal, perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan mendesain ulang tempat pencelupan kain yang memperhatikan aspek ergonomi sebagai upaya untuk memperbaiki postur kerja. Daranindra (2010) telah merancang alat bantu untuk proses pencelupan zat warna sebagai usaha untuk mengurangi interaksi dengan zat kimia dan memperbaiki beban kerja. Dalam penelitiannya, telah dihasilkan rancangan yang tidak menghasilkan resiko tinggi namun alat yang dipergunakan berukuran terlalu besar sehingga memakan ruangan yang banyak. Selain itu, terdapat postur kerja dengan nilai RULA 6.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan perancangan alat agar nilai RULA maksimum 4 yang artinya postur kerja masih bisa diterima namun diperlukan analisis lebih lanjut dan perubahan mungkin sebaiknya dilakukan.

2. Metodologi

Pengumpulan data meliputi wawancara, data kuesioner Nordic Body Map dan pengukuran data ukuran fisik tubuh operator pencelupan atau data antropometri. Wawancara dilakukan untuk mengetahui keluhan ketidaknyamanan dan kesulitan apa saja yang dirasakan oleh operator pada proses pencelupan kain di tempat pencelupan. Kemudian diberikan kuesioner Nordic Body Map yang berbentuk pertanyaan-pertanyaan untuk mengetahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan saat melakukan aktivitas pencelupan kain batik. Kuesioner ini diberikan kepada responden penelitian yaitu operator stasiun kerja pencelupan. Munculnya keluhan atau rasa tidak nyaman ini cukup mendukung untuk dilakukan penelitian mengenai proses pencelupan kain batik. Data terakhir adalah data hasil pengukuran antropometri para pekerja yang sering melakukan aktivitas pencelupan kain. Adapun data antropometri yang diambil sesuai dengan variable yang dibutuhkan yaitu : tinggi badan, panjang lengan atas, panjang lengan bawah, jangkauan tangan ke depan, tinggi siku berdiri, pangkal telapak tangan ke pangkal jari dan diameter genggam tangan. Data antropometri yang diambil merupakan populasi sehingga tidak diperlukan pengujian keseragaman, kecukupan, dan kenormalan data. Data tersebut yang nantinya akan digunakan sebagai dasar penentuan dimensi pada komponen alat bantu pencelupan. Pengambilan data antropometri menggunakan meteran dan martin antropometer sebagai media pengukur.

Langkah selanjutnya adalah melakukan interpretasi keluhan dan harapan operator menjadi kebutuhan operator. Keluhan dan harapan operator diperoleh dengan cara wawancara dengan operator di stasiun pencelupan yang diekspresikan dengan pernyataan, serta didukung dengan hasil Nordic Body Map. Melalui wawancara dan kuesioner tersebut bisa digunakan sebagai dasar perancangan alat bantu pada tempat pencelupan kain batik, sehingga hasil rancangan alat bantu pada tempat pencelup kain batik diharapkan mampu memenuhi kebutuhan-kebutuhan operator tersebut.

Dalam perancangan ini, diperlukan data antropometri yang digunakan untuk menetapkan ukuran rancangan. Hal ini dimaksudkan agar rancangan yang dihasilkan dapat digunakan dengan baik dan disesuaikan atau paling tidak mendekati karakteristik penggunaanya. Pembuatan alat bantu pencelupan disesuaikan dengan hasil rancangan dan juga material. Pembuatan alat digunakan untuk mengetahui apakah hasil rancangan bisa diaplikasikan atau tidak. Setelah selesai pembuatan alat bantu, akan langsung disimulasikan oleh operator pencelupan dan selanjutnya akan di ukur postur kerja dengan menggunakan metode RULA (Rapid Upper Limb Assessment) untuk mengetahui apakah alat bantu yang sudah dirancang membuat postur kerja operator pencelupan berada dalam keadaan normal dan tidak beresiko.



Pada tahap selanjutnya adalah analisa dan interpretasi hasil terhadap pengolahan data. Analisis dan interpretasi hasil meliputi perbandingan RULA dan postur kerja kondisi sekarang dan simulasi rancangan.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Data

3.1.1 Data Antropometri

Berikut data antropometri yang didapat dan perhitungan hasil persentilnya. Hasil persentil ini akan digunakan sebagai ukuran dalam rancangan alat pencelupan.

Tabel 1. Nilai Persentil

Dimensi Tubuh	Simbol	Persentil (cm)		
		P5%	P50%	P95%
Tinggi Badan	TB	164,81	164,9	164,99
Tinggi Bahu Berdiri	TBB	137,175	138,75	140,325
Panjang Lengan Atas	PLA	32,1	33	33,9
Panjang Telapak tangan	PTT	18,05	18,5	18,95
Lebar Telapak Tangan	LTT	9	9	9
Tinggi Perut Berdiri	TPB	97,53	98,7	99,87
Jangkauan Tangan ke Atas	JTA	205	205	205

3.1.2 Hasil Kuesioner Nordic Body Map dan Wawancara

Dari hasil wawancara diketahui terdapat keluhan dan rasa tidak nyaman pada operator proses pencelupan kain batik. Hasil kuesioner Nordic Body Map juga mendukung hasil wawancara tersebut.

3.1.3 Gambar Proses Pencelupan

Berikut gambar bak pencelup beserta tiang dan tongkat penahannya.



Gambar 1. Bak Pencelup Kain (Aktual)

Ukuran bak pencelupan adalah panjang 194,5 cm dan lebar 63 cm. Selain itu, telah diukur juga dimensi-dimensi lain yang dibutuhkan.

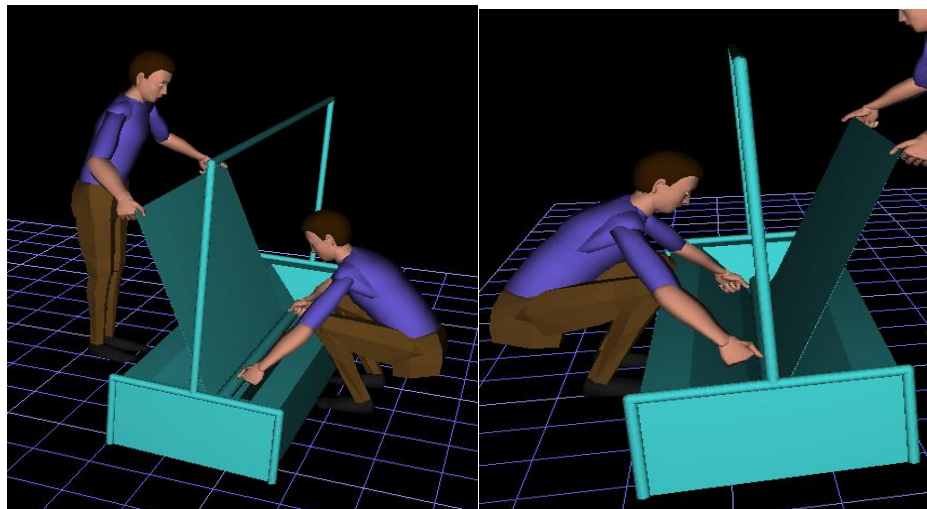




Gambar 2. Proses Pencelupan kain batik

3.2 Perhitungan RULA Awal

Pengolahan data pertama adalah penghitungan RULA proses pencelupan kondisi sekarang. Berikut adalah hasil RULA pada saat pencelupan untuk kedua pekerja dengan menggunakan *Software Jack*. Pada bagian ini kita akan melihat kondisi ergonomi dari setiap postur operator saat melakukan proses pencelupan kain menggunakan desain bak pewarnaan aktual. Postur operator pada desain aktual ini diperoleh dari hasil pengamatan dan pengukuran secara langsung terhadap proses pewarnaan kain batik yang dilakukan oleh operator pencelupan di Sentra Batik Bogor Tradisiku.



Gambar 3. Postur Pencelupan aktual dengan *Software Jack*

The screenshot shows the 'Rapid Upper Limb Assessment (RULA)' software window. It has three tabs: 'Task Entry', 'Reports', and 'Analysis Summary'. The 'Analysis Summary' tab is active, displaying the following data:

Field	Value
Job Title	Proses Pencelupan
Location	Jakarta
Comments	
Job Number	01
Analyst	Aktual
Date	24 Juli 2017

Body Group A Posture Rating

Upper arm	4
Lower arm	3
Wrist	2
Wrist Twist	1
Total	5

Body Group B Posture Rating

Neck	4
Trunk	3
Total	7

Muscle Use: Action repeated more than 4 times per minute
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.

Grand Score: 7
Action: Investigation and changes are required immediately.

Buttons: Update Analysis, Usage, Dismiss

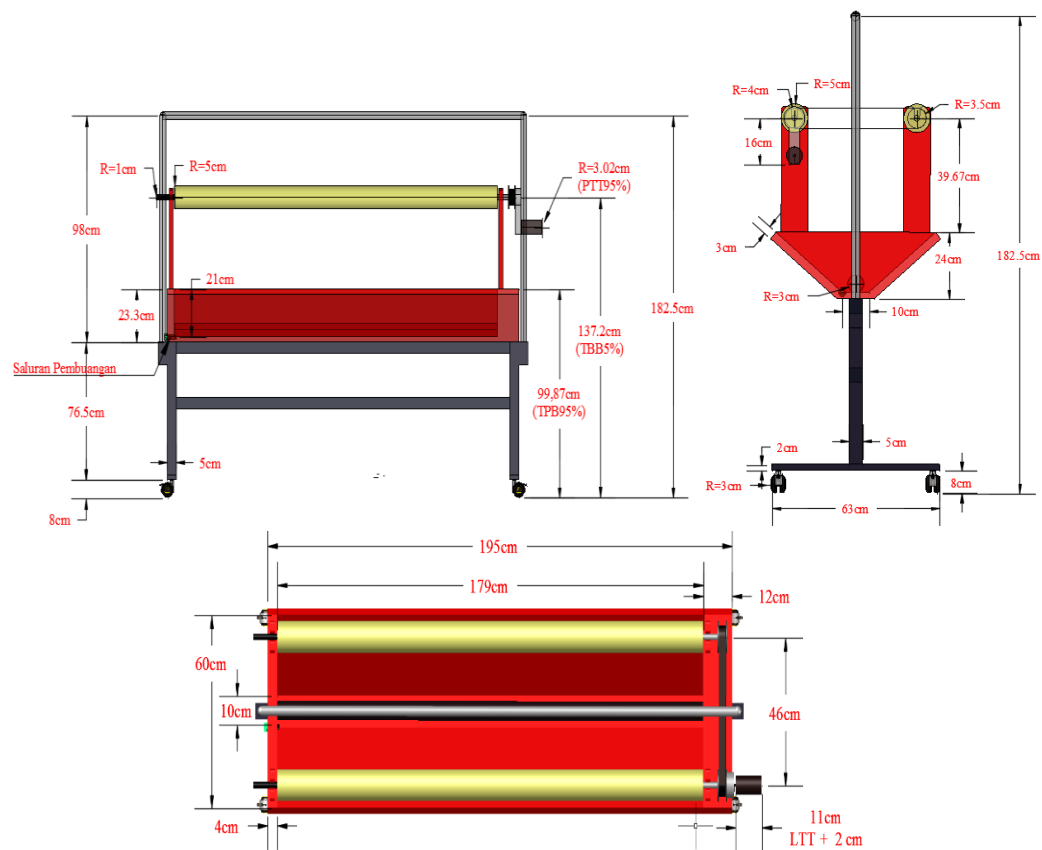
Gambar 4. Hasil RULA dengan *Software Jack*

Pada gambar 4 diatas, nilai RULA untuk konfigurasi aktual menunjukkan grand score sebesar 7. Nilai ini mengindikasikan bahwa postur operator saat melakukan pencelupan dengan menggunakan desain aktual tidak aman dan sangat membahayakan bagi kesehatan, sehingga dibutuhkan investigasi maupun perbaikan sekarang juga terhadap postur tersebut.

3.3 Rancangan

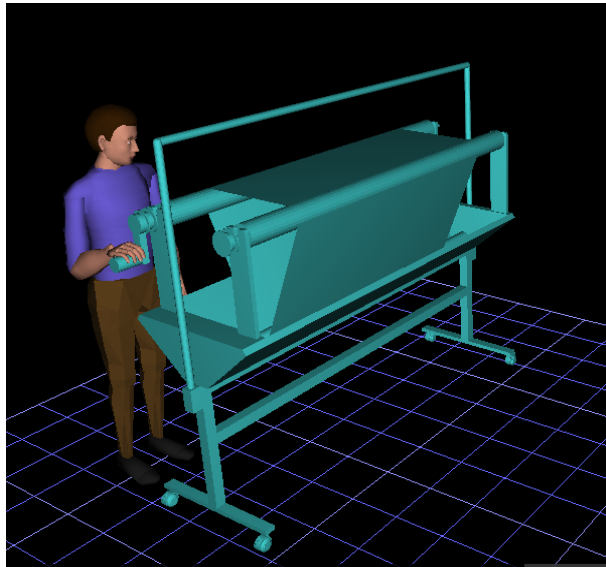
Bagian ini menunjukkan desain hasil rancangan alat bantu pada bak pencelupan kain batik. Perancangan dilakukan dengan menganalisis nilai RULA yang menghasilkan nilai resiko besar yaitu tangan atas dan leher, sehingga prioritas perancangan dilakukan untuk memperbaiki postur kerja lengan atas dan leher. Ukuran detail rancangan ditentukan berdasarkan nilai persentil data antropometri yang telah dihitung.





Gambar 5. Rancangan Bak Pencelupan Usulan, tampak depan, tampak samping dan tampak atas

Proses pencelupan kain batik menggunakan desain rancangan alat bantu pencelupan ditunjukkan pada gambar 6. Proses pencelupan ini disimulasikan dengan *Software Jack* dan menghasilkan RULA seperti pada gambar 7.



Gambar 6. Postur operator desain usulan

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Proses Pencelupan Job Number: 02
Location: Jakarta Analyst: Usulan
Comments: Date: 24 Juli 2017

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 1
Lower arm: 2
Wrist: 1
Wrist Twist: 2
Total: 2

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Body Group B Posture Rating

Neck: 2
Trunk: 1
Total: 2

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 2

Action: Posture acceptable if not maintained or repeated for long periods.

Update Analysis

Usage Dismiss

Gambar 7. Hasil RULA

Pada gambar di atas, hasil analisis nilai RULA untuk usulan rancangan menunjukkan grand score sebesar 2. Nilai ini mengindikasikan bahwa postur operator saat melakukan pencelupan dengan menggunakan desain usulan dinyatakan aman dan dapat di terima serta tidak membahayakan bagi kesehatan dan tidak dibutuhkan investigasi maupun perbaikan sekarang juga terhadap postur tersebut.



3.4 Analisis

Hasil penilaian RULA pada postur kerja sebelum dan sesudah perancangan dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

Tabel 2. Perbandingan hasil RULA sebelum dan sesudah perancangan

Sebelum perancangan			Setelah perancangan		
Skor	Level resiko	Tindakan	Skor	Level resiko	Tindakan
7	Tinggi	Tindakan sekarang juga	2	Rendah	Tidak dibutuhkan investigasi ataupun perbaikan sekarang juga

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan level resiko berdasarkan hasil penilaian dengan menggunakan metode RULA pada postur kerja sebelum dan sesudah perancangan. Untuk postur kerja sebelum perancangan memiliki skor 7 dengan level resiko tinggi. Sedangkan untuk postur kerja setelah perancangan memiliki skor 2 dengan level resiko rendah.

Penurunan level resiko terjadi karena terjadinya perubahan postur kerja operator pada saat sebelum dan sesudah perancangan. Pada rancangan alat pencelupan, operator tidak perlu membungkuk dan berjongkok pada saat proses pencelupan kain batik. Dari hasil setelah perancangan dapat diperoleh hasil bahwa postur tubuh operator menggunakan alat bantu pada proses pencelupan memiliki level resiko yang rendah terhadap resiko cedera musculoskeletal sehingga memungkinkan operator dapat bekerja dengan postur tubuh yang baik.

4 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pembahasan di atas, nilai RULA proses pencelupan aktual sangat berisiko mengalami cedera musculoskeletal, harus dilakukan analisis dan perbaikan segera. Namun setelah proses pencelupan menggunakan rancangan alat bantu usulan, nilai RULA mengalami perubahan menjadi jauh lebih sedikit yang berarti tidak berisiko lagi.

Daftar Pustaka

- Agustina, Fitri dan Arief Maulana. 2012. Analisis Postur Kerja dengan Tinjauan Ergonomi di Industri Batik Madura. *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan*. 1 (3) : 167 – 171.
- Bawole, Paulus. Dkk. 2014. Perancangan Peralatan Produksi Bagi Pembatik Difabel dengan Pendekatan Desain Inklusi dan Strategi Eko-Efisiensi. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*.
- Iridiastadi, Hardianto. dan Yassierli. 2014. *Ergonomi Suatu Pengantar*. PT. Remaja Rosdakarya, Bandung.
- Laboratorium Rekayasa Sistem Kerja & Ergonomi. 2012. *Evaluasi Ergonomi Berdasarkan Antropometri dan Biomekanika*. Modul Praktikum. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- McMillan, Ian R and Carin-Lexy, Gail (2013). *Tyldesley & Grieve's Muscle, Nerves and Movement in Human Occupation* 4th edition. West Sussex, UK : Wiley-Blackwell.
- Mahfud, Halim, dkk. 2014. Analisis Ergonomi Pada Proses Pembuatan Batik Di Sentra Batik Bogor Tradisiku. *Bina Teknika*. 10 (1) : 10-18.
- Nurmianto, E. 2003. *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Guna Widya, ISBN 979-545-005-1.
- Siswiyanti. Dan Luthfianto, S. 2011. Beban Kerja dan Keluhan Sistem Musculoskeletal Pada Pembatik Tulis di Kelurahan Kalinyamat wetan Kota Tegal. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi* ke – 2. Fakultas Teknik Universitas Hasyim Semarang.



- Siswiyanti, 2013. Perancangan Meja Kursi Ergonomis Pada Pembatik Tulis Di Kelurahan Kalinyamat Wetan kota Tegal. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Universitas Pancasakti Tegal*, Vol. 12, No. 2 : 179 – 191
- Siswiyanti. Dan Luthfianto, S. 2014. Aplikasi Ergonomi Pada Perancangan Meja Batik untuk Meningkatkan Produktivitas dan Mengurangi Keluhan Pembatik di Sentra Industri Batik Tulis Tegal. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*, ISSN : 1979 -911X.



Desain Produk Alat Penghasil Tepung Biji Durian

Rosnani Ginting, Rifqi Amanullah, Khairul Imam, M. Reiza Affandi, Kartini Putri

Jurusan Teknik Industri Universitas Sumatera Utara
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 Indonesia
E-mail: rosnani_usu@yahoo.co.id

Intisari

Desain produk adalah terjemahan dari kebijaksanaan intelektual, persyaratan dari pengusaha, atau kebutuhan konsumen, dll menjadi produk. Tujuan spesifik desain produk ini adalah untuk membuat keuntungan dari biji durian yang biasanya dibuang setelah makan buah durian. Sebuah biji durian sebenarnya mengandung banyak nutrisi yang baik untuk tubuh kita, seperti karbohidrat, serat, vitamin C, B1, B2, kalium, kalsium dan fosfor. Karena ini, itu akan lebih baik untuk mengolah bijinya dari pada membuangnya ke tempat sampah. Semua ide yang digunakan dalam desain ini datang dari brainstorming. Brainstorming adalah salah satu metode yang terkenal menghasilkan ide-ide dimana sebagian besar ide akan dibuang. Langkah-langkah untuk melakukan desain produk dari masalah dibagi menjadi sub masalah dengan mengklasifikasikan tujuan dan fungsi, dan menentukan kepentingan. Purposive Tree Diagram digunakan untuk mengklasifikasikan tujuan alat penghasil tepung biji durian menjadi sepuluh atribut yang terdiri dari panjang dimensi, warna produk, pola fungsi tambahan ini, dekorasi, jumlah roda yang digunakan, sumber energi, bahan produk, warna pegangan ini, bahan pegangan, dan fungsi tambahan. Sub masalah dari spesifikasi produk bijidurian pembuat tepung akan menemukan sub solusi dengan langkah-langkah dari Nigel Cross, menentukan karakteristik produk dengan Quality Function Development (QFD). Dari QFD, bandingkan alat penghasil tepung biji durian dengan tiga pesaing lainnya dengan atribut yang sama, kemudian membandingkan masing-masing atribut untuk menentukan tingkat kesulitan untuk membuat produk, tingkat kepentingan, dan juga biaya estimasi setiap atribut. Sub solusi berasal dari finishing setiap masalah yang terjadi, termasuk dalam memilih atribut untuk alat penghasil tepung biji durian, dengan menggunakan langkah-langkah dari Nigel cross dengan tetap mempertahankan manfaat dan meningkatkan kualitas produk. Dari menghasilkan alternatif dengan atribut kombinasi, hasilnya alternatif 1 sebagai kriteria dasar untuk membuat alat penghasil tepung biji durian. Mengevaluasi alternatif dengan menggunakan Pairwise Comparison dan pengukuran AHP untuk menghitung bobot dari setiap atribut dan untuk menentukan peringkat dari setiap alternatif. Value Engineering adalah langkah akhir dari proses desain dalam rangka meningkatkan nilai produk bagi konsumen dan mengurangi biaya untuk dibayar oleh produsen. Langkah value engineering adalah membuat daftar komponen produk dan mengidentifikasi fungsi masing-masing komponen, menentukan nilai fungsi diidentifikasi, menghitung biaya tiap komponen, menemukan cara untuk mengurangi biaya tanpa mengurangi nilai, dan akhirnya mengevaluasi alternatif.

Kata Kunci: Product Design, QFD, Morphological Chart, Questionnaire.



1. Pendahuluan

Pola pikir manusia berubah seiring dengan berkembangnya teknologi, trend dan kebutuhan akan produk yang ber-kualitas semakin menuntut berkembangnya fungsi-fungsi produk yang lebih kompleks untuk memenuhi harapan dan kebutuhan pengguna produk. Hal ini jika ditanggapi dengan positif dan serius, akan memunculkan ide-ide baru terhadap desain produk yang lebih baik dari segi fungsi maupun nilai tambah yang bisa diberikan oleh produk tersebut terhadap pemenuhan kebutuhan pengguna atau konsumen (Yuliarty, 2013).

Dalam melakukan inovasi perlu adanya penerapan *tools* dan metode berkaitan dengan upaya inovasi (Davidsen, 2004). Metode dan *tools* diterapkan perusahaan untuk mengkomersialkan produk dan menciptakan inovasi yang akan meningkatkan nilai produk. *Quality Function Deployment* (QFD) merupakan salah satu metode untuk pengembangan produk berorientasi pelanggan (Paulo, 2007).

QFD merupakan perencanaan proses yang membantu rencana organisasi dalam penerapan berbagai alat pendukung teknis secara efektif dan pelengkap antara satu sama lain untuk memprioritaskan setiap permasalahan. QFD adalah suatu cara untuk meningkatkan kualitas barang atau jasa dengan memahami kebutuhan konsumen kemudian menghubungkannya dengan karakteristik teknis untuk menghasilkan suatu barang atau jasa pada setiap tahap pembuatan barang atau jasa yang dihasilkan (Rosnani Ginting, 2010).

Durian adalah nama tumbuhan tropis di Asia Tenggara dan juga nama itu buah. Nama ini diambil dari ciri khas kulit buah, seperti yang tebal dan terlihat seperti duri. Durian juga populer dengan julukan "The King of Fruits". Durian juga buah yang kontroversial, karena meskipun ada banyak orang menyukainya, banyak tidak suka bau itu.

Sampai saat ini, orang hanya mengkonsumsi buah, sedangkan benih dibuang. Salah satu alternatif untuk memproses benih durian adalah untuk membuat tepung. Dengan mengolah biji menjadi tepung, bisa memperpanjang waktu tabungan dan meningkatkannya nilai. Sebuah tepung biji durian dapat digunakan sebagai bahan substitue untuk membuat kue atau kue.

Benih Durian mengandung banyak nutrisi yang baik untuk tubuh manusia, seperti karbohidrat, sumber mineral, energi, lemak, protein, serat, vitamin C, B1, B2, kalium, Calsium dan juga fosfor. Dengan begitu banyak nutrisi yang terkandung dalam biji durian, sama sekali tidak ada alasan untuk hanya membuang biji, terkecuali bagi mereka yang memiliki alergi terhadap Durian dan bijinya.

Untuk 100 gram biji durian, nutrisi yang terkandung adalah :

1. 28,3 gram Karbohidrat
2. 67 gram Mineral
3. 520 KJ atau 124,8 kal energi
4. 2,5 gram Lemak
5. 2,5 gram Protein
6. 1,4 gram serat

Berdasarkan daftar ini nutriton terkandung dalam biji durian, terbukti bahwa benih durian berguna sebagai sumber energi bagi tubuh manusia karena mengandung karbohidrat dan lemak. Vegetable Protein yang terkandung juga bermanfaat untuk membangun atau memperbaharui tubuh dan sel-sel otot. Serat yang terkandung juga bermanfaat untuk pencernaan, pembuluh darah dan kesehatan jantung. Selain itu, vitamin B dan Kalsium diperlukan untuk melindungi tubuh dari penyakit.



2. Metodologi

Tujuan dari desain produk ini adalah untuk membuat tepung menggunakan biji durian. Tepung dapat digunakan sebagai bahan pencampur untuk membuat kue, atau produk lain yang membutuhkan rasa durian atau aromanya. Biji durian juga mengandung banyak nutrisi yang baik untuk tubuh manusia sehingga baik untuk dikonsumsi.

Langkah pertama dari desain produk adalah untuk melakukan *brainstorming*. *Brainstorming* adalah salah satu metode yang terkenal menghasilkan ide-ide di mana sebagian besar ide-ide akan dibuang untuk memilih ide yang terbaik. Ada 6 langkah *brainstorming*, seperti membentuk kelompok dan memilih pemimpin kelompok, menginformasikan aturan *brainstorming*, pemimpin kelompok menyatakan masalah awal, masing-masing anggota kelompok pikir ide-ide dalam waktu 30 menit, kemudian menulis turun dan memberikan pendapat satu sama ide-ide lain, dan yang terakhir untuk mengumpulkan semua kertas sebagai hasil evaluasi dari *brainstorming*.

Setelah itu, langkah selanjutnya adalah menentukan berapa banyak sampel yang harus diambil sebagai sampel. Teknik pengambilan sampel yang akan digunakan di sini adalah purposive sampling karena populasi yang akan menjadi sampel adalah petani jeruk. Setelah menentukan jumlah sampel, membuat kuesioner, seperti kuesioner dibuka, kuesioner tertutup, dan kuesioner AHP. Semua jenis kuesioner adalah untuk menentukan apa yang pelanggan yang inginkan dari desain alat. Dengan semua jawaban dari kuesioner, kemudian menguji validitas dan reliabilitas dari jawaban mereka tentang desain produk yang dirancang, pesaing 1, pesaing 2, dan pesaing 3.

Kemudian, mengklasifikasikan tujuan dan fungsi penentuan produk. Untuk sub masalah, penentuan kebutuhan, adalah cara untuk membandingkan hasil *brainstorming* dan atribut membentuk rekapitulasi kuesioner. Berikutnya adalah menentukan karakteristik produk dengan menggunakan QFD. QFD adalah metode untuk meningkatkan kualitas produk atau jasa dalam rangka untuk memahami apa kebutuhan pelanggan dan menghubungkan mereka dengan ketentuan teknis untuk menghasilkan produk atau jasa di setiap langkah dari proses produk atau jasa pembuatan.

Dalam rangka untuk mencari solusi dari setiap masalah dari membuat produk, langkah-langkah yang menghasilkan alternatif, mengevaluasi, dan meningkatkan detail. Dari semua langkah-langkah, dapat disimpulkan bahwa produk tersebut dapat dibuat dengan atribut dan biaya yang tepat.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang diperoleh dari seluruh tahapan perancangan produk alat penghasil tepung biji durian adalah ditetapkan dimensi, warna produk, warna pegangan, fungsi tambahan, pola fungsi tambahan, dekorasi, jumlah roda, dan sumber energi dari produk.

3.1. Purpose & Function Classification, Determining the Needs

Berdasarkan permasalahan sebelumnya, menemukan sub masalah yang akan menjadi dasar dari solusi menemukan dari desain masalah. Untuk melakukan itu, ada 3 langkah sehingga masalah akan dibagi menjadi sub masalah, yaitu klasifikasi tujuan, klasifikasi fungsi, dan menentukan kebutuhan adalah:

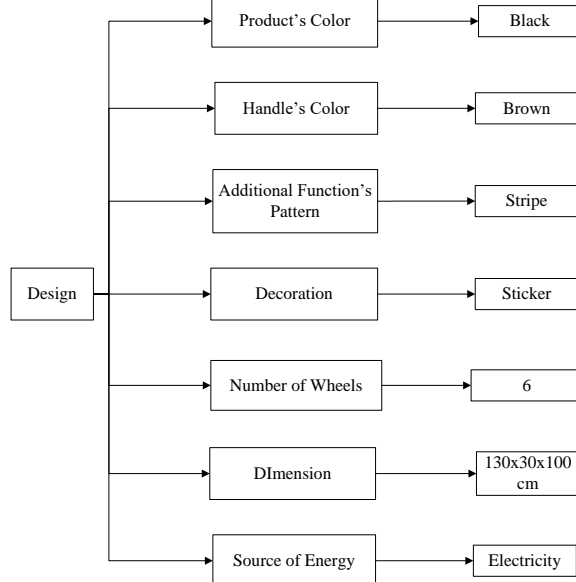
1. Klasifikasi Tujuan

Desain Produk dari alat penghasil tepung biji durian keseluruhan adalah:

- Alat penghasil tepung biji durian memiliki pemanas
- Alat penghasil tepung biji durian memiliki mesin penggiling
- Alat penghasil tepung biji durian memiliki pegangan berwarna coklat
- Alat penghasil tepung biji durian berwarna abu-abu
- Alat penghasil tepung biji durian memiliki sticker sebagai hiasan



- f. Alat penghasil tepung biji durian memiliki 6 roda
 - g. Alat penghasil tepung biji durian berukuran 130x30x100cm
 - h. Alat penghasil tepung biji durian terbuat dari besi
 - i. Alat penghasil tepung biji durian memiliki pegangan dari karet
 - j. Alat penghasil tepung biji durian memiliki laci sebagai fungsi tambahan
- Purposive Tree Diagram dapat dilihat pada gambar 1 dibawah.



Gambar 1. Purposive Tree Diagram

2. Menentukan Fungsi

Menentukan fungsi bertujuan untuk menentukan fungsi-fungsi penting yang dibutuhkan dan keterbatasan sistem dari desain baru. Fungsi-fungsi penting tersebut adalah :

- a. Sub fungsi mesin penggiling
- b. Sub fungsi roda
- c. Sub fungsi fungsi tambahan
- d. Sub fungsi pegangan

3. Menentukan Kepentingan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari kebutuhan bertekad, Harapan > Permintaan berarti desain produk sesuai dengan keinginan alat penghasil tepung biji durian di pasaran. Jadi, sub masalah yang mengakibatkan tiga langkah ini adalah:

- a. Produk memiliki desain yang nyaman dan ergonomis
- b. Produk memiliki masa hidup/ketahanan yang lebih tinggi
- c. Produk memiliki mekanisme kerja yang dapat memudahkan pekerja

Informasi lengkap mengenai tingkat kepentingan tiap atribut dijelaskan di Tabel 1 dibawah.



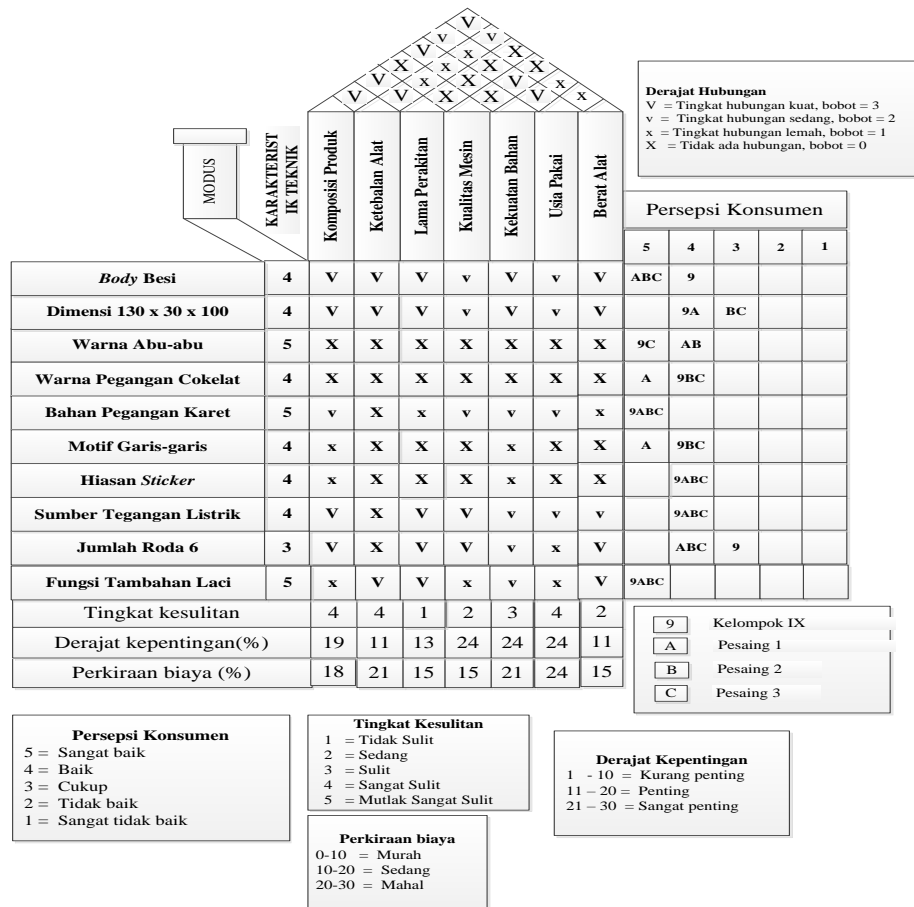
Tabel 1. Spesifikasi Alat Penghasil Tepung Biji Durian

No	Conclusion	D or W	Requirement
1	Durian Seed Flour Maker's colour is silver	W	Durian Seed Flour Maker's colour is silver
2	Durian Seed Flour Maker's handle colour is red	D	Durian Seed Flour Maker's handle colour is brown
3	Additional function pattern is stripe	W	Additional function pattern is stripe
4	Durian Seed Flour Maker's decoration is a LED lamp	D	Durian Seed Flour Maker's decoration is a sticker
5	Durian Seed Flour Maker has 4 wheels	D	Durian Seed Flour Maker has 6 wheels
6	Durian Seed Flour Maker dimension is 130x30x100 cm	W	Durian Seed Flour Maker dimension is 130x30x100 cm
7	Durian Seed Flour Maker's source of energy is electricity	W	Durian Seed Flour Maker's source of energy is electricity
8	Durian Seed Flour Maker is made of aluminum	D	Durian Seed Flour Maker is made of steel
9	Durian Seed Flour Maker's handle is made of rubber	W	Durian Seed Flour Maker's handle is made of rubber
10	Durian Seed Flour Maker's additional function is a drawer	W	Durian Seed Flour Maker's additional function is a drawer

3.2. Sub Problem

Dalam bagian ini, akan ditemukan sub solusi dari sub problem spesifikasi produk alat penghasil tepung biji durian dengan langkah-langkah desain dari *Nigel Cross*, menentukan karakteristik produk. *House of Quality* alat penghasil tepung biji durian dapat terlihat pada gambar 2 dibawah





Gambar 2. *Quality Function Development* Alat Penghasil Tepung Biji Durian



1. Perbandingan alat penghasil tepung biji durian dengan pesaing yang ada terkait atribut yang sama adalah sebagai berikut:
 - a. Untuk bahan produk, desain pesaing 1, 2, dan 3 lebih baik dari alat penghasil tepung biji durian.
 - b. Untuk warna produk, desain alat penghasil tepung biji durian dan pesaing 3 lebih baik dari pesaing 1 dan 2.
 - c. Untuk dimensi produk, desain pesaing 2 dan 3 lebih baik dari alat penghasil tepung biji durian dan pesaing 1.
 - d. Untuk warna pegangan, desain pesaing 1 lebih baik dari alat penghasil tepung biji durian, pesaing 2 dan 3.
 - e. Untuk bahan pegangan, desain alat penghasil tepung biji durian, pesaing 1, 2, dan 3 setara.
 - f. Untuk motif fungsi tambahan, desain pesaing 1 lebih baik dari pesaing 1, 2, dan 3.
 - g. Untuk hiasan, desain alat penghasil tepung biji durian, pesaing 1, 2, dan 3 setara.
 - h. Untuk jumlah roda, desain alat penghasil tepung biji durian lebih baik dari pesaing 1, 2, dan 3.
 - i. Untuk sumber energi yang digunakan, desain alat penghasil tepung biji durian, pesaing 1, 2, dan 3 setara.
 - j. Untuk fungsi tambahan, desain kelompok IX, pesaing 1, 2, dan 3 setara.
2. Tingkat kesulitan : berdasarkan karakteristik teknis ini, produk ini cukup sulit untuk dibuat kecuali proses perakitan.
3. Tingkat Kepentingan : Semua karakteristik teknis adalah penting, hanya jumlah roda, oven dan mesin penggilingan dianggap sebagai sangat penting.
4. Perkiraan Biaya : Perkiraan biaya dari desain produk digolongkan sebagai sangat mahal.

3.3. Sub Solution

Setelah finisihing semua masalah yang terjadi, termasuk dalam memilih atribut untuk *Durian Seed Flour Maker*, sub solusi dapat dilakukan dengan menggunakan langkah-langkah dari *Nigel Cross* sementara mempertahankan manfaat dan kualitas meningkatkan produk.

Ada 3 langkah yang akan digunakan untuk membuat sub solusi menjadi solusi, seperti menghasilkan alternatif, mengevaluasi alternatif, dan meningkatkan detail. Kesimpulan dari ketiga langkah tersebut adalah:

1. Menghasilkan Alternatif

Beberapa solusi desain ini diterapkan sebagai alternative pilihan ini dari alat penarik oranye dan untuk menemukan solusi dengan menggunakan *Morphological Chart*. *Morphological Chart* disajikan dalam bentuk matriks 10 x 3 di mana 10 adalah fungsi yang harus dipenuhi dan 3 adalah alternatif yang mungkin diterapkan.

Kombinasi dari solusi terhadap alat penghasil tepung biji durian dapat dilihat pada tabel 2 dibawah.



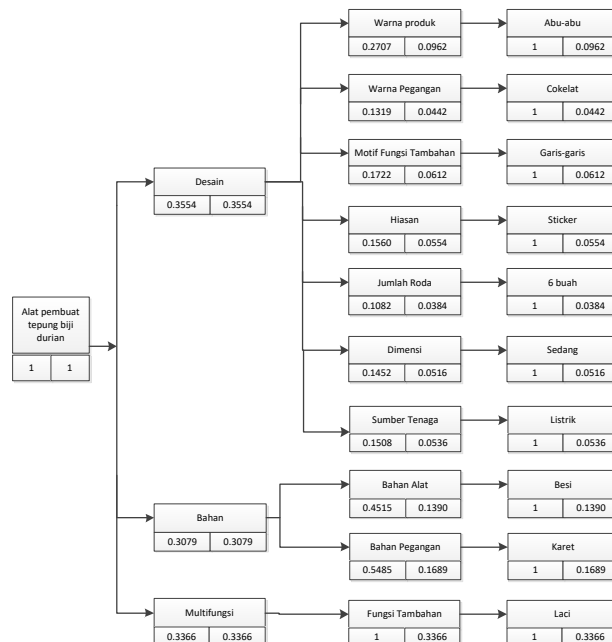
Tabel 2. Kombinasi Solusi Desain Produk Alat Penghasil Tepung BijiDurian

Functions	Ways to Achieve Functions		
	1	2	3
Main Material	Steel	Plastic	Aluminum
Product's Colour	Silver	Black	White
Dimension	130 x 30 x 100 (Medium)	80 x 30 x 60 (Small)	150 x 50 x 120 (Big)
Handle's Colour	Brown	White	Black
Handle Material	Rubber	Porcelain	Plastic
Pattern	Stripe	Batik	Plain
Decoration	Sticker	LED Lamp	Beads
Source of Energy	Electricity	Gasoline	Battery
Number of Wheels	6	4	2
Additional Functions	Drawer	Basket	Trash Can
	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3

2. Menghitung Alternatif

Alternative mengevaluasi adalah untuk membandingkan nilai utilitas dari desain alternative produk atau digunakan sebagai dasar kinerja atau dasar pembebanan yang disengaja. Metode ini disebut *Weighted Objectives*. Dalam rangka untuk melakukan itu, pertama membuat daftar keperluan desain produk, kemudian menentukan peringkat semua alternatif dengan *Pair Wise Comparison* dan skala *AHP*.

Hasil nilai bobot relatif dari masing-masing atribut atribut lain dapat dilihat pada Gambar ini 3 dibawah ini.



Gambar 3. Nilai Bobot Relatif Antara Atribut dengan Atribut Lain



Selanjutnya, menentukan parameter kinerja dari masing-masing atribut. Parameter kinerja dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah.

Tabel 3. Parameter Performansi untuk Tiap Atribut

Karakteristik	Perfomansi	Nilai				
		5	4	3	2	1
Warna Produk	Kualitas	Abu-abu	Hitam	Cokelat	Putih	Merah
Warna Pegangan	Kualitas	Cokelat	Abu-abu	Hitam	Putih	Merah
Motif Fungsi Tambahan	Kualitas	Garis-garis	Batik	Polkadot	Bunga	Kotak-kotak
Hiasan	Kualitas	Sticker	Lampu LED	Manik-manik	Kain Tempel	Lampu Pijar
Jumlah Roda	Kuantitas	6	4	2	8	10
Dimensi	Ukuran	130 x 30 x 100	80 x 30 x 60	150 x 50 x 120	130 x 50 x 100	90 x 30 x 70
Sumber Tenaga	Kualitas	Listrik	Minyak	Baterai	Aki	Surya
Bahan Alat	Kualitas	Sangat Baik	Baik	Cukup Baik	Kurang Baik	Tidak Baik
Bahan Pegangan	Kualitas	Sangat Baik	Baik	Cukup Baik	Kurang Baik	Tidak Baik
Fungsi Tambahan	Model	Laci	Tempat Sampah	Rak	Keranjang	Penampung serbuk

Hitung dan membandingkan nilai kepentingan relative dari masing-masing atribut untuk setiap alternatif. Nilai bobot kepentingan alternatif dari tiap atribut untuk semua alternatif dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah

Tabel 4. Nilai Bobot Kepentingan Alternatif Dari Tiap Atribut Untuk Semua Alternatif

Kriteria Evaluasi		Parameter	Alternatif 1			Alternatif 2			Alternatif 3		
Karakteristik	WT		Ket.	Nilai (v)	Wt. (v)	Ket.	Nilai (v)	Wt. (v)	Ket.	Nilai (v)	Wt. (v)
Warna Produk	0.0962	Kualitas	Abu-abu	5	0.401	Abu-abu	5	0.321	Abu-abu	5	0.241
Warna Pegangan	0.0442	Kualitas	Abu-abu	4	0.252	Cokelat	5	0.063	Cokelat	5	0.189
Motif Fungsi Tambahan	0.0612	Kualitas	Batik	4	0.111	Batik	4	0.166	Garis-garis	5	0.221
Hiasan	0.0554	Kualitas	Sticker	5	0.138	Lampu LED	4	0.092	Lampu LED	4	0.185
Jumlah Roda	0.0384	Kuantitas	6	5	0.205	6	5	0.256	6	5	0.154
Dimensi	0.0516	Ukuran	130 x 30 x 100	5	0.354	80 x 30 x 60	4	0.354	80 x 30 x 60	4	0.236
Sumber Tenaga	0.0536	Kualitas	Minyak	4	0.492	Minyak	4	0.328	Minyak	4	0.492
Bahan Alat	0.1390	Kualitas	Baik	4	0.569	Baik	4	0.455	Baik	4	0.228
Bahan Pegangan	0.1689	Kualitas	Baik	4	0.257	Baik	4	0.257	Baik	4	0.257
Fungsi Tambahan	0.3366	Model	Laci	5	0.668	Laci	5	0.446	Laci	5	0.891
Total	1.0000			45	3.447		44	2.738		45	3.093

Hasil setiap bobot untuk setiap alternatif adalah:

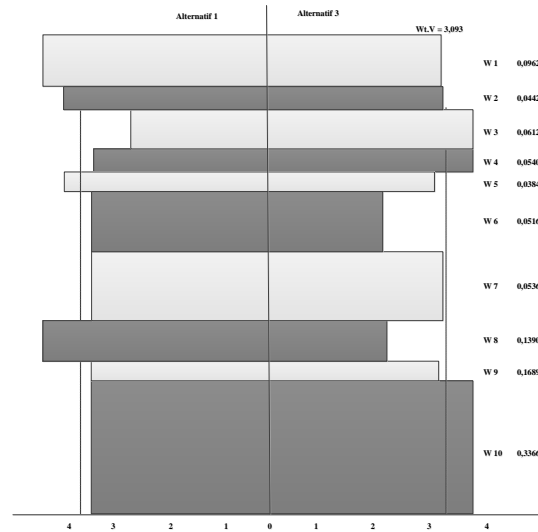
Alternatif 1: 3,447

Alternatif 2: 2,738

Alternatif 3: 3,093



Berdasarkan hasil di atas, alternatif yang dipilih adalah alternatif 1 dengan nilai alternatif bobot kepentingan sebesar 3.447.



Gambar 4. Nilai Bobot Relatif Tiap Atribut Terhadap Atribut Lain

Dari Gambar 4 diatas, dapat dilihat bahwa bobot terbesar adalah W1, warna, sedangkan bobot terkecil adalah W8, materi. Alternatif 1 lebih stabil daripada alternatif 3 karena deviasi terjauh adalah W10 yang hanya memiliki nilai kepentingan 0,0366.

3.4. Solusi

Value Engineering adalah langkah akhir dari proses desain yang digunakan untuk meningkatkan nilai produk bagi konsumen dan mengurangi biaya yang harus dibayar oleh produser. Langkah-langkah yang membuat daftar komponen produk dan mengidentifikasi fungsi masing-masing komponen, menentukan nilai fungsi diidentifikasi, menghitung biaya tiap komponen, menemukan cara untuk mengurangi biaya tanpa mengurangi nilai, dan akhirnya mengevaluasi alternatif. Biaya pembuatan produk dari Alat Penghasil Tepung Biji Durian adalah Rp 1.560.000.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa ditarik dari desain produk alat penghasil tepung biji durian adalah :

1. Karakteristik dari alat penghasil tepung biji durian adalah :
 - a. Alat penghasil tepung biji durian memiliki pemanas
 - b. Alat penghasil tepung biji durian memiliki mesin penggiling tenaga listrik
 - c. Alat penghasil tepung biji durian memiliki pegangan berwarna coklat
 - d. Alat penghasil tepung biji durian berwarna abu-abu
 - e. Alat penghasil tepung biji durian memiliki dekorasi berupa stiker
 - f. Alat penghasil tepung biji durian memiliki 6 roda
 - g. Alat penghasil tepung biji durian berukuran 130x30x100cm
 - h. Alat penghasil tepung biji durian terbuat dari besi
 - i. Alat penghasil tepung biji durian memiliki pegangan dari karet
 - j. Alat penghasil tepung biji durian memiliki fungsi tambahan berupa laci
2. Atribut alat penghasil tepung biji durian dapat di bagi menjadi beberapa bagian. Atribut utama dari pembuat tepung biji durian yang desain, material, dan fungsi. Desain atribut dibagi menjadi atribut sekunder warna produk, warna, pola fungsi tambahan ini, dekorasi, jumlah roda, dimensi dan sumber energi. Atribut materi dibagi menjadi atribut sekunder



bahan produk, dan menangani materi. Atribut fungsi tambahan dibagi menjadi atribut sekunder adalah fungsi tambahan.

3. QFD menunjukkan bahwa berdasarkan semua karakteristik teknis, produk ini cukup sulit untuk dibuat kecuali pada proses perakitan. Semua karakteristik teknis tergolong penting, kecuali jumlah roda, oven dan mesin penggiling dianggap sebagai sangat penting. Estimasi biaya dari desain produk telah diklasifikasikan menjadi mahal.
4. Berdasarkan *Gantt Chart*, angka alternatif yang dipilih dengan deviasi terbesar di W1, W8, dan W10, yaitu warna, pola produk, dan fungsi tambahan.
5. Berdasarkan langkah *value engineering*, dari semua alternatif, ada alternatif terbaik dengan total biaya Rp 1.560.000 yang lebih murah daripada biaya sebelum ini, Rp 2.165.000.



Gambar 5. Hasil Akhir Produk

Daftar Pustaka

- Anonim. 2012. *Pemanfaatan Limbah Biji Durian*. Jakarta: www.pkm.unj.ac.id.
- Augusto, Paulo. 2007. *Innovative New Product Development : A Study of Selected QFD case Studies*. Brazil :University of Sao Paulo.
- Davidsen, B.A. 2004. *Innovation and Product Development: Methods and Tools, Telekomik*, Vol. 2.
- Ginting, Rosnani. 2013. *Perancangan Produk*. Yogyakarta: GrahaIlmu.
- Wikipedia, akses online 10 April 2016, URL: <http://wikipedia.com/wiki/Durian> accessed.
- Sinulingga, Sukaria. 2011. *Metode Penelitian*. Medan: Usu Press.
- Yuliarty, Poppy. 2013. Pengembangan Desain Produk Papan Tulis Dengan Metode Quality Function Deployment (QFD). *Jurnal Ilmiah PASTI* Volume VI Edisi 1 – ISSN 2085-5869.



Desain Rangka Body Monorel dengan Metode Finite Element

Subarmono, Wibisono M.A., Dharma IGB., Salim UA., Zahy, Bramosh
Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika 2 Yogyakarta 55281
Telp. (0274)521673
E-mail barmono@ugm.ac.id

Intisari

Semakin maju suatu daerah, kebutuhan mobilitas yang tinggi sangat diperlukan demi menopang kegiatan perekonomian. Namun yang terjadi pada saat sekarang di kota-kota besar Indonesia seperti Jakarta dan Surabaya adalah hal yang sebaliknya. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka dibutuhkan transportasi yang cepat, handal, dan dapat menampung banyak penumpang. Salah satu solusinya adalah dengan kendaraan monorel. Untuk memecahkan masalah ini akan didesain rangka body monorel yang sederhana, mudah dibuat, bahan baku melimpah, aman, kuat dan ringan. Desain rangka telah dibuat dengan bentuk sederhana menggunakan las sebagai metode penyambungan sehingga mudah dimanufaktur. Nilai keamanan rangka minimal pada uji statis dengan tebal bahan 2 mm adalah 4,6. Desain dengan nilai keamanan cukup tinggi menahan beban dinamis pada tikungan dengan jari-jari 7 meter.

Kata kunci : Monorail, Frame, Finite Element.

1. Pendahuluan

Semakin maju suatu daerah, kebutuhan mobilitas yang tinggi sangat diperlukan demi menopang kegiatan perekonomian. Namun yang terjadi pada saat sekarang di kota-kota besar Indonesia seperti Jakarta dan Surabaya adalah hal yang sebaliknya. Tingkat mobilitas pada kota tersebut tidak dapat mengikuti pertumbuhan ekonomi yang pesat dan laju pertumbuhan penduduk, terutama yang disebabkan oleh urbanisasi.

Terlepas dari sistem transportasi umum yang tidak memadai. Masyarakat lebih memilih memakai kendaraan pribadi dibandingkan dengan bus disebabkan oleh waktu tempuh yang tidak jauh berbeda, bahkan lebih cepat dari bus. Disamping bus yang juga ikut berada dalam kemacetan, bus dianggap masih relatif tidak nyaman dan aman.

Akibat dari kemacetan tidak hanya membuat berkurangnya mobilitas masyarakat tetapi juga kerugian ekonomi. Menurut data dari SITRAMP (The Study on Integrated Transportation Master Plan) oleh JICA/Bappenas memaparkan bila hingga 2020 tidak ada perbaikan pada sistem transportasi jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi) maka kerugian ekonomi akan mencapai Rp 65 triliun per tahun. Jumlah itu terdiri dari kerugian biaya operasional yang mencapai Rp 28,1 triliun dan kerugian nilai waktu perjalanan/waktu produktif Rp 36,9 triliun (Kemendagri.go.id).

Selain dari kerugian materi, kemacetan juga menyebabkan berkurangnya tingkat kesehatan masyarakat. Polusi udara akibat kendaraan-kendaraan di jalan berbahaya untuk kesehatan. Akibat dapat mengalami asma, batuk, pusing, infeksi saluran pernafasan, dan sebagainya. Selain itu kemacetan dapat menyebabkan stress, hingga berpengaruh pada mental masyarakat. Lama kelamaan malah harus mengeluarkan uang lebih untuk pengobatannya.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka dibutuhkan transportasi yang cepat, handal, dan dapat menampung banyak penumpang. Salah satu solusinya adalah dengan kendaraan monorel.



Rumusan masalah penelitian ini adalah mendesain rangka body monorel yang sederhana, mudah dibuat, bahan baku melimpah, aman, kuat dan ringan. Batasan masalah pada penelitian ini adalah memperoleh desain rangka dengan desain sederhana dan mudah dalam proses manufaktur tanpa mengurangi tingkat keamanan dengan menggunakan metode finite elemen. Parameter uji yang digunakan adalah tegangan, displacement dan faktor keamanan.

Bahan rangka yang digunakan merupakan baja profil yang banyak beredar di pasar sehingga mudah didapatkan. Proses manufaktur yang digunakan merupakan peralatan sederhana berupa las, gerinda dan beberapa peralatan lain bila diperlukan. Penyambungan pada rangka menggunakan metode pengelasan. Alat pengelasan yang dipakai adalah las listrik.

2. Metodologi

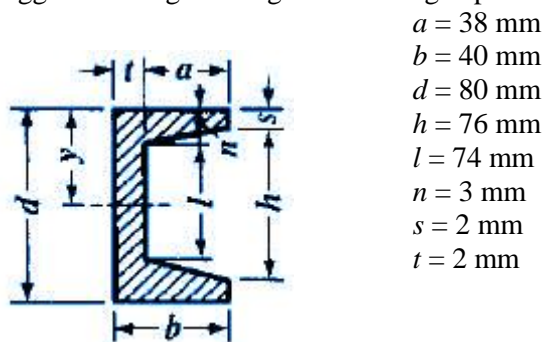
Penelitian tentang desain dan pembuatan rangka untuk monorel dilakukan dalam beberapa tahap yang dilakukan secara berurutan dan sistematis sesuai alur kerja yang ditentukan. Tahapan tersebut meliputi desain awal, penyederhanaan bentuk, simulasi uji kekuatan, optimasi, desain akhir, desain untuk proses manufaktur, dan manufaktur rangka.

Penelitian ini melakukan evaluasi numeris pada frame dengan metode finite elemen. Pembuatan model FEM didasarkan pada spesifikasi desain dan batasan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 8. Spesifikasi monorel

Parameter	Nilai	Satuan
Jumlah gerbong	1	Buah
Jumlah bogie	2	Buah
Jumlah ban traksi pada satu bogie	4	Buah
Jumlah ban pengarah pada satu bogie	8	Buah
Panjang gerbong	4	Meter
Lebar gerbong	1,3	Meter
Tinggi gerbong	2	Meter
Jumlah penumpang	8	Penumpang
Massa penumpang total	$70 \times 8 = 560$	Kg
Massa gerbong	1500	Kg
Massa penumpang + gerbong	2100	Kg

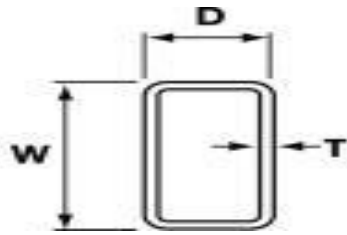
Bahan profil yang digunakan adalah baja karbon rendah. Pembebanan pada rangka gerbong sebagian besar terjadi pada rangka dasar sehingga profil pada bagian ini memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan rangka atas. Rangka profil U memiliki dimensi seperti Gambar 1



Gambar 1. Dimensi profil U

Rangka profil kotak memiliki dimensi seperti Gambar 2.

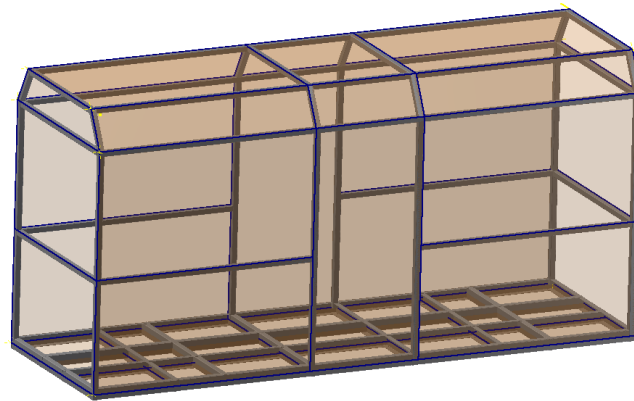




dengan dimensi : $D = W = 40 \text{ mm}$, $T = 2 \text{ mm}$

Gambar 5 Profil hollow

Berdasarkan kriteria acuan yang telah disebutkan, diperoleh rancangan gerbong monorel seperti Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Rancangan *body* monorel

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan untuk membuat rangka ini adalah baja karbon rendah yang biasa digunakan untuk konstruksi. *Properties* dari bahan yang digunakan ditunjukkan sebagai berikut.

Nama bahan	: Mild steel
Massa jenis	: 7.85 g/cm^3
<i>Yield strength</i>	: 300 MPa
<i>Ultimate tensile strength</i>	: 420 MPa
Modulus young	: 207 GPa
<i>Poisson's ratio</i>	: 0.3

2.2 Pembebanan

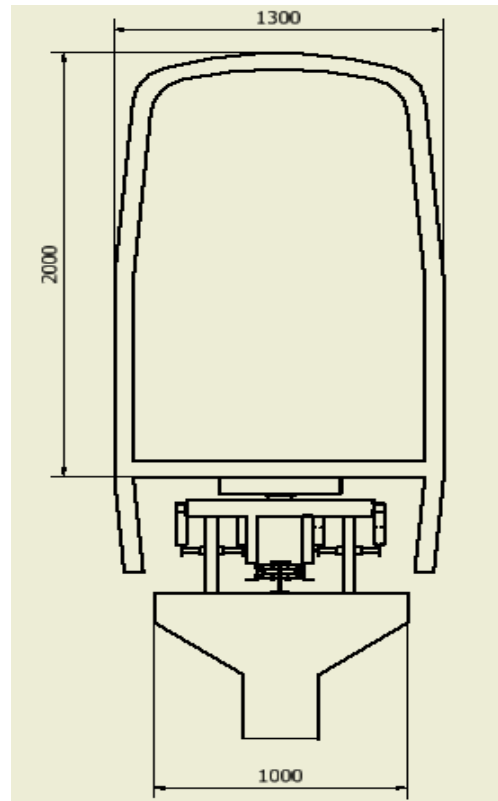
Asumsi beban yang dipakai dalam proses simulasi adalah sebagai berikut

- Beban penumpang sebanyak delapan orang dengan asumsi @ 70 kg
- Beban *body* dengan asumsi 1500 kg

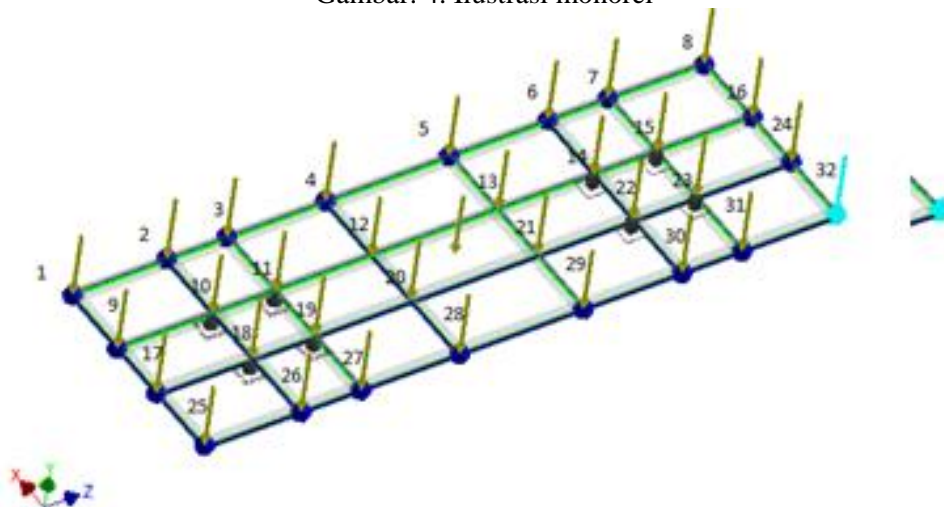
Beban penumpang akumulatif 560 kg diasumsikan tersebar merata pada rangka dasar. Beban tersebut didistribusikan pada sambungan rangka sehingga terlihat seperti Gambar 5. dan Tabel 2.

Beban *body* dengan asumsi 1500 kg terdiri atas rangka dan plat. Massa plat *body* diperkirakan sebesar 1000 kg dengan distribusi pembebanan *body* pada rangka terlihat pada Gambar 6.





Gambar. 4. Ilustrasi monorel



Gambar 5. Pembebanan penumpang

2.3 Konstraint

Pembebanan *chassis* gerbong diteruskan melalui dua constraint, yaitu sendi dan *roll*. Masing-masing tumpuan ditentukan berdasarkan letak sambungan ke bogie dan arah laju bogie. Karena satu gerbong terdapat dua bogie, maka sambungan gerbong ke bogie ada dua juga. Sambungan depan berfungsi sebagai sendi pada *chassis* dan sambungan belakang berfungsi sebagai *roll* pada *chassis*.

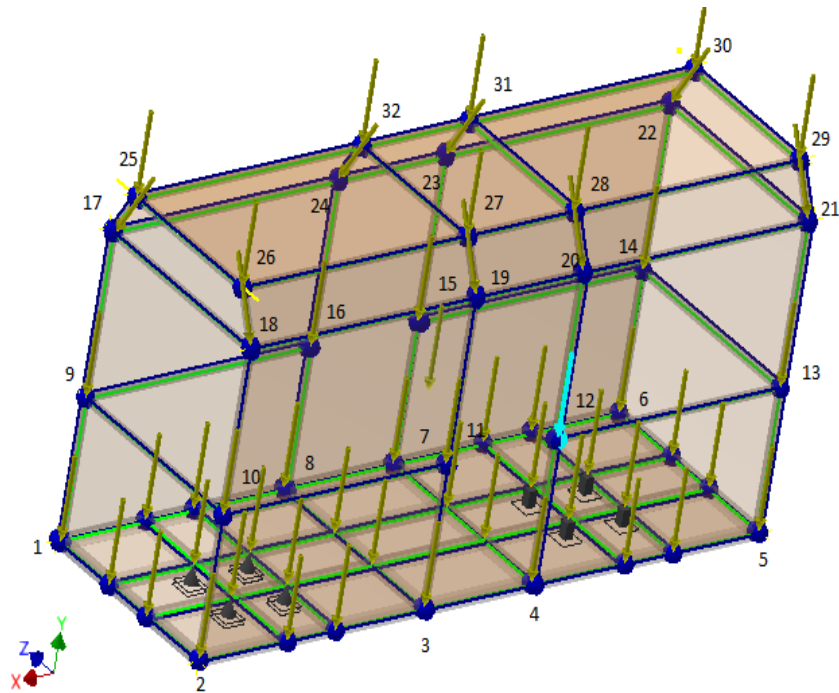


Pembebanan pada sambungan depan dan belakang didistribusikan ke empat titik tumpuan, sehingga terdapat empat titik tumpuan sendi pada sambungan depan dan empat titik tumpuan *roll* pada sambungan belakang. Tumpuan *roll* hanya dapat bergerak pada arah z (kiri dan kanan) Letak dan jenis constraint pada *chassis* dilihat pada Gambar 7 berikut. Berdasarkan Gambar 7, ada 4 titik sebelah kiri merupakan *roll* dan 4 titik sebelah kanan merupakan sendi.

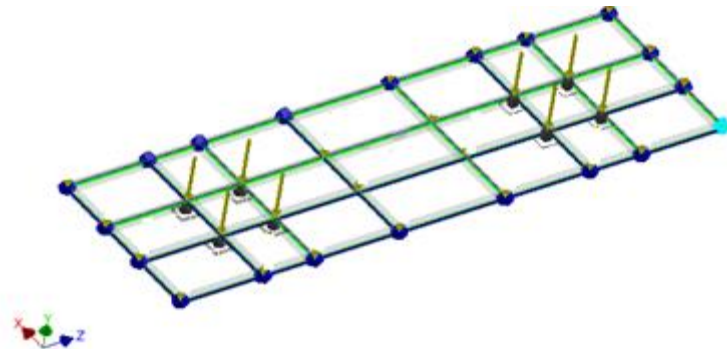
Tabel 2. Pembebanan penumpang dan body

Titik sambungan	Besar beban penumpang (Newton)	Beban body (Newton)
1	71,2	455,3
2	118,7	455,3
3	118,7	251,2
4	166,2	251,2
5	166,2	455,3
6	118,7	455,3
7	118,7	251,2
8	71,2	251,2
9	134,6	512,2
10	224,3	512,2
11	224,3	282,6
12	314	282,6
13	314	512,2
14	224,3	512,2
15	224,3	282,6
16	134,6	282,6
17	134,5	173,0
18	224,	173,0
19	224,3	158
20	314	158
21	314	173
22	224,3	173
23	224,3	158
24	134,6	158
25	71,2	157
26	118,7	157
27	118,7	235,5
28	166,2	235,5
29	166,2	157
30	118,7	157
31	118,7	235,5
32	71,2	235,5





Gambar 6. Pembebanan plat *body*
Besarnya pembebanan *body* dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 7. Letak dan jenis *constraint*

3. Hasil dan Pembahasan

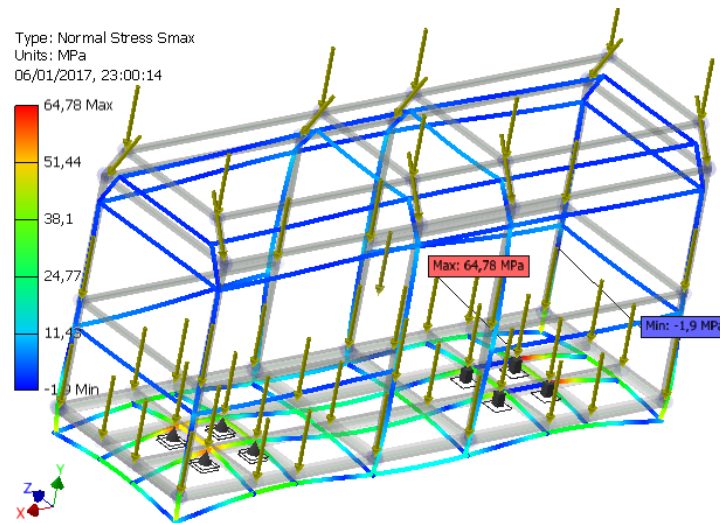
Simulasi statis memberikan gambaran saat kereta dalam keadaan diam. Beban yang terjadi hanyalah beban dari berat kendaraan sendiri. Besar beban sesuai asumsi pada sub bab pembebanan dengan memasukkan parameter percepatan gravitasi bumi $9,5 \text{ m/s}^2$.

Pengujian tegangan dilakukan dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor 2015. Berdasarkan hasil simulasi, didapatkan tegangan yang terjadi pada rangka antara -1,9 dan 64,78 MPa. Nilai tegangan pada rangka masih jauh lebih kecil dibandingkan dengan *yield strength* bahan (300 MPa). Tegangan maksimum pada rangka terdapat pada bagian sambungan dengan bogie.

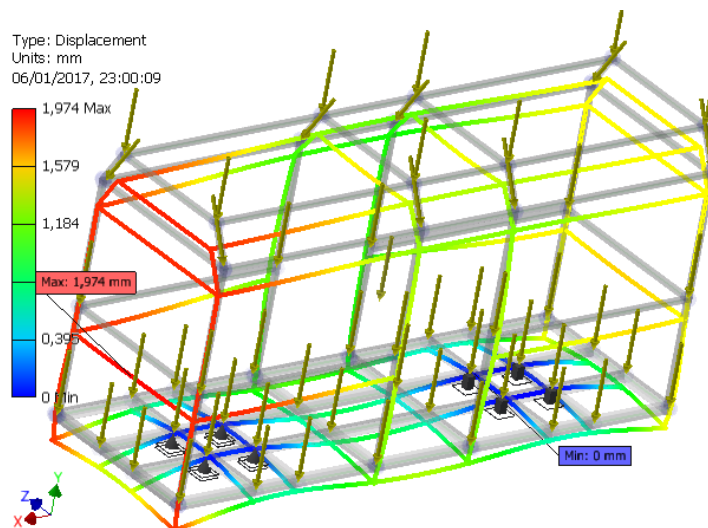
Nilai *displacement* yang terjadi pada rangka chassis ditunjukkan pada Gambar 5. Pada gambar tersebut, diketahui bahwa *displacement* maksimum yang terjadi adalah sebesar 1,974 mm,



nilai yang cukup kecil mengidentifikasi terjadinya kegagalan. *Displacement* maksimal terjadi pada bagian belakang rangka *chassis*.



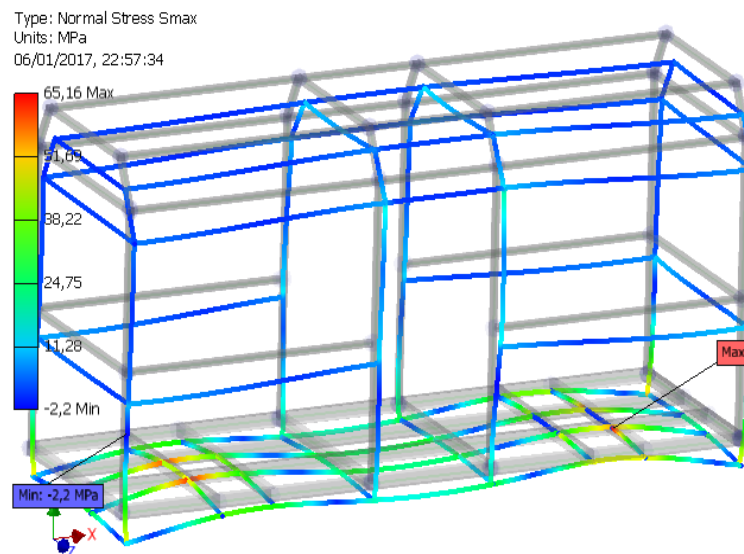
Gambar 8. Tegangan rangka kondisi statis



Gambar 9. Defleksi rangka kondisi statis

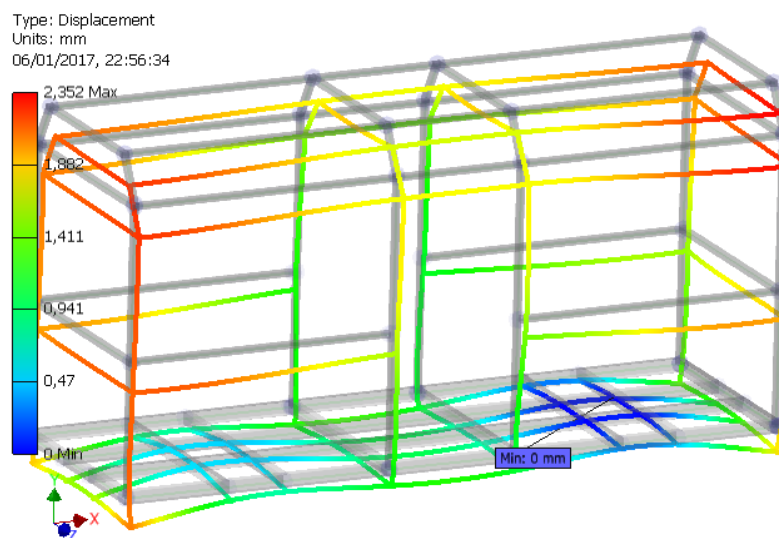
Uji berbelok adalah pengujian ketika diasumsikan kereta berbelok di tikungan. Pada saat berbelok kereta akan mengalami gaya tambahan akibat dari adanya percepatan sentripetal. Nilai gaya tambahan ini adalah sebesar 0.6 G dan memiliki arah ke samping. Hasil simulasi uji berbelok terhadap menunjukkan bahwa nilai tegangan *von mises* yang terjadi pada rangka antara -2,2 sampai 65,16 MPa. Tegangan pada batang utama antara -2,2 sampai 65,16 MPa. Kedua nilai tegangan masih dalam batas aman. Sebagaimana terlihat pada Gambar 10 efek dari percepatan sentripetal meningkatkan nilai tegangan pada bagian tengah rangka.





Gambar 10. Tegangan rangka saat berbelok

Nilai *displacement* yang terjadi pada rangka ditunjukkan pada Gambar 11. Gambar tersebut menunjukkan bahwa displacement maksimum yang terjadi adalah sebesar 2,352 mm. nilai yang sangat kecil sekali sehingga tidak mengindikasikan terjadinya kegagalan.



Gambar 11. Defleksi rangka saat berbelok

Material yang digunakan adalah *mild steel* yang mempunyai tegangan luluh 300 MPa. Tegangan maksimal yang dikenai rangka adalah tegangan maksimal ketika uji belok yaitu 65,16 MPa, sehingga didapatkan nilai keamanan:

$$\text{Faktor keamanan} = \frac{300 \text{ MPa}}{65,15 \text{ MPa}} = 4,065$$



4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai desain rangka *body* monorel dengan metode *finite element* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut. Desain rangka telah dibuat dengan bentuk sederhana menggunakan las sebagai metode penyambungan sehingga mudah dimanufaktur. Nilai keamanan rangka minimal pada uji statis dengan tebal bahan 2 mm adalah 4,6. Desain dengan nilai keamanan cukup tinggi menahan beban dinamis pada tikungan dengan jari-jari 7 meter.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini ucapan terima kasih ditujukan kepada LPPM UGM yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

DaftarPustaka

- Avallone E. A., 2007, *Marks' Standart Handbook for Mechanical Enggineers*, 11th Edition McGraw-Hill, New York.
- Cicek K., Kuralay S.,2001, Stress analysis of a truck chassis with riveted joints. *Elsevier*.
- Ghodvinde K., Wankhade S. R.,2014, *Structural Stress Analysis of an Automotive Chassis*, Raigad.
- Hanif Mat, Amir Radzi Ab. Ghani,2008, Design and Analysis of 'Eco' Car Chassis. *Elsevier*.
- Hibbeler C, 2011. *Mechanics of Material 8th edition*. Prentice Hall, New Jersey.
- Hutton, D.V. 2004. *Fundamentals of finiteelement analysis*. McGraw-Hill, New York.
- Keith J. Wakeham, 2009, *Introduction To Chassis*. Memorial University of Newfoundland And Labrador, Canada.
- Logan, D. L., 2007, *A First Course in the Finite Element Method*, 4th ed. Thomson, USA.
- Ortwein, William C, 2004, *Clutchesand Brakes Design and Selection*. 2nd Edition, Southern Illinois University at Carbondale Carbondale, Illinois, U.S.A.



Pengoperasian Mesin Genset 3500 Watt Menggunakan Bahan Bakar Gas Methane Dengan Metode Vacuum Valve

Tri Widagdo, Soegeng Witjahjo

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jalan Srijayanegara Bukit besar-Palembang 3039

Telp:0711-353414

E-mail: twtriwidagdo@gmail.com

Intisari

Kelangkaan bahan bakar minyak. khususnya jenis premium, saat ini sudah menjadi masalah nasional yang perlu segera di pecahkan. Hal ini terkait dengan pesatnya perkembangan dunia industri dan transportasi. Di sisi yang lain, permasalahan tentang penanganan sampah basah yang belum maksimal sehingga menimbulkan polusi yang dapat mengganggu kesehatan. Imbas dari permasalahan ini terasa juga pada pemakaian genset skala rumah tangga yang beropersai menggunakan bahan bakar jenis premium. Penelitian ini bertujuan untuk mengkonversi penggunaan bahan bakar minyak, khususnya jenis premium, ke bahan bakar gas Metane. Gas Metane (CH_4) diperoleh dari proses gasifikasi sampah basah. Metode yang dipakai untuk pengatur AFR (Air-Fuel Ratio) adalah penggunaan komponen vacuum Valve (katup vakum). Penggunaan metode ini tak lepas dari aspek kemudahahan dalam perawatan/perbaikan, mudah dibuat serta murah harganya. Target khusus yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah mendapatkan data perfomansi mesin genset yang beroperasi penggunaan bahan bakar gas Metane. Genset yang dipakai sebagai obyek penelitian adalah genset skala rumah tangga dengan daya listrik maksimum 3500 Watt. Data-data meliputi konsumsi bahan bakar efisiensiai mesin serta AFR optimum mesin genset. Selanjutnya data-data dibandingkan dengan data-data yang dihasilkan genset yang menggunakan bahan bakar premium. Penelitian ini bersifat kaji eksperimntal, dimulai dengan rancang bangun komponen vacuum valve, dilanjutkan dengan pemasangan komponen tersebut pada mesin genset dan diakhiri dengan pengujian mesin. Data-data hasil eksperimen terhadap genset dengan daya nominal 3500 Watt adalah: Dengan bahan bakar premium daya optimum, $P = 3750$ Watt, Efisiensi maksimum, $\eta_{maks} = 62,2 \%$; Dengan bahan bakar gas methane: Daya maksimum, $P = 3270$ Watt, Efisiensi maksimum, $\eta_{maks} = 66,1 \%$

Kata Kunci: Konversi, Premium, Methane, AFR

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Cadangan bahan bakar mineral, yang meliputi minyak bumi(BBM), Gas alam serta batu bara, kian lama kian menipis. Bahan bakar tersebut sudah lama dikenal masyarakat dunia sebagai sumber energi kalor yang mudah didapatkan serta mudah dipakai pada mesin-mesin konversi energi kalor-mekanik, seperti motor Diesel, motor bensin, turbin gas dan sistem tenaga uap dan lain-lain. Di sisi lain keperluan industri akan sumber energi kalor yang dapat dikonversikan menjadi energi mekanik semakin meningkat. Dampak dari fenomena ini adalah: tidak lama lagi bahan bakar mineral akan habis. Beberapa solusi yang telah dikembangkan antara lain pemanfaatan energi alam (air terjun, panas bumi, angin serta sinar matahari). Akan tetapi hal



tersebut masih belum sepenuhnya dapat tersosialisasi karena masih menemui beberapa permasalahan, antara lain: biaya awal yang mahal, kurang praktis serta tidak konstan karena bergantung pada iklim dan atau/cuaca. Sementara itu pemakaian energi nuklir juga belum dapat diterima sepenuhnya oleh masyarakat, disebabkan bahaya radiasi sebagaimana bom nuklir yang terjadi di Hiroshima pada tahun 1945 yang lalu. Data statistik untuk pemakaian energi di Indonesia 15 tahun terakhir, dalam satuan Giga Joule (GJ) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1 Pemakaian Energi di Indonesia*

Jenis pemakaian	Tahun 1995-2000	Tahun 2000-2005	Tahun 2005-2010
Industri	178 x 10 ⁶ GJ (45 %)	193 x 10 ⁶ GJ (47 %)	215 x 10 ⁶ GJ (46 %)
Transportasi	124 x 10 ⁶ GJ (37 %)	131 x 10 ⁶ GJ (38 %)	139 x 10 ⁶ GJ (38 %)
Rumah tangga	78 x 10 ⁶ GJ (18%)	82 x 10 ⁶ GJ (15 %)	88 x 10 ⁶ GJ (16 %)
Total	380 x 10 ⁶ GJ	406 x 10 ⁶ GJ	442 x 10 ⁶ GJ

*Sumber: Buletin ESDM, Januari 2013, website: <http://www/esdm.inf.ktyu.go.id/>

Di sisi lain, cadangan bahan bakar mineral dunia, jika dieksplorasi tanpa batas, akan habis dalam waktu: 65 tahun (untuk BBM) dan 150 tahun (batu bara). Pemakaian energi alam yang lain, seperti Sinar matahari, angin serta air terjun, masih terkendala pada kontinuitas serta investasi awal yang mahal.

Gas Metane (CH₄) yang akan dipakai untuk menggantikan bahan bakar jenis premium memiliki sifata-sifat termodinamika yang mendekati sama, sehingga besar kemungkinan bahwa Gas Methane dapat menggantikan premium sebagai bahan bakar, khususnya untuk jenis motor bakar torak 4 langkah.

Tabel 2 Data-data Premium dan Metane*

Data-data	Premium	Metane (CH ₄)	Keterangan
Fasa	Cair	Gas	Kodisi standar
Titik nyala	78°C	72°C	Pada tekanan 1 atm
LCV	46,7 MJ/kg	55,5 MJ/kg	
HCV	42,5 MJ/kg	50,1 MJ/kg	
Kecepatan pembakaran	0,043 mili detik/gram	0,054 mili detik/gram	Sistem <i>Batch</i>
Residu pembakaran	0.0043 gram/kg BB	0,0022 gram/kg BB	Berbentuk jelagah dan kerak

*Sumber: Buletin MIGAS, Kementerian ESDM No.12, 2012

1.2. Tujuan Penelitian

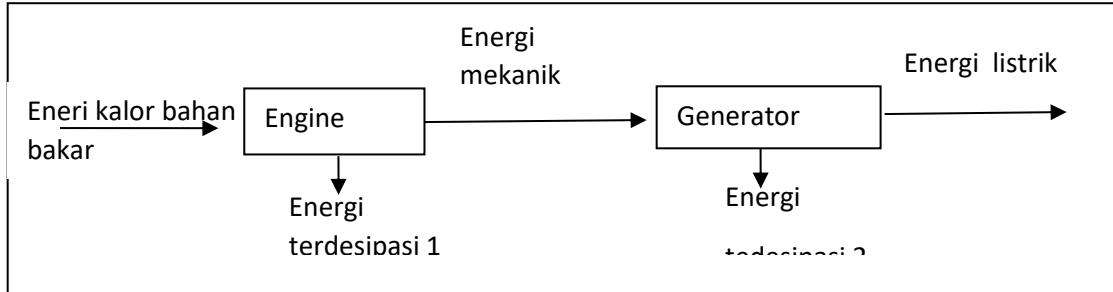
Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya (Widagdo, T, 2011), yang memiliki obyek penelitian Mesin Stirling tipe α dan dioperasikan dengan bahan bakar gas metane. Tujuan khusus yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan Korelasi Impirik dari Variabel-variabel penelitian pada pengoperasian genset menggunakan bahan bakar metane. Adapun variabel-variabel penelitian yang berkaitan langsung dengan kinerja mesin adalah daya mesin, putaran optimum, efisiensi serta daya spesifik mesin. Sedang variabel lain yang tidak berhubungan langsung dengan kinerja mesin antara lain: getaran, kebisingan serta polutan yang dihasilkan dari proses pembakaran mesin. Prototipe *vacuum valve* akan diujicobakan beroperasi pada genset skala rumah tangga dengan daya maksimum 3500 Watt.



2. Metodologi

2.1 Mekanisme Genset

Mesin Genset (*Generator Set*) yang dimaksud pada penelitian ini adalah suatu mesin yang mengubah energy kalor pembakaran menjadi energy mekanik dan selanjutnya diubah lagi menjadi energy listrik (Zuhail, 2012).



Gambar 1 Neraca Energi pada Genset

Efisiensi keseluruhan dihitung menggunakan formulasi

$$\eta_o = \frac{\text{Daya listrik}}{\text{Energi kalor bahan bakar}} \times 100\% = \frac{V \cdot I}{m \cdot LCV} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana, V : tegangan listrik, Volt

I : arus listrik, Ampere

m : laju aliran massa bahan bakar, kg/se

LCV : nilai kalor bahan bakar, J/kg

Genset yang biasa dipakai dimasyarakat memiliki kisaran daya listrik antara 1500 Watt sampai dengan 7000 Watt, digerakkan oleh engine dari jenis motor bakar torak dengan bahan bakar premium (bensin). Alternator di hubungkan langsung dengan engine, sehingga keduanya memiliki putaran yang sama. Alternator bekerja sebagai generator listrik AC (*Alternating Current*) yang menghasilkan frekwensi listrik 50 Hz, sebagaimana frekwensi listrik dari PLN. Untuk itu engine harus dapat berputar pada putaran optimum:

$$n = \frac{120 f}{P} \quad (2)$$

Dimana, f : Frekwensi listrik=50 Hz

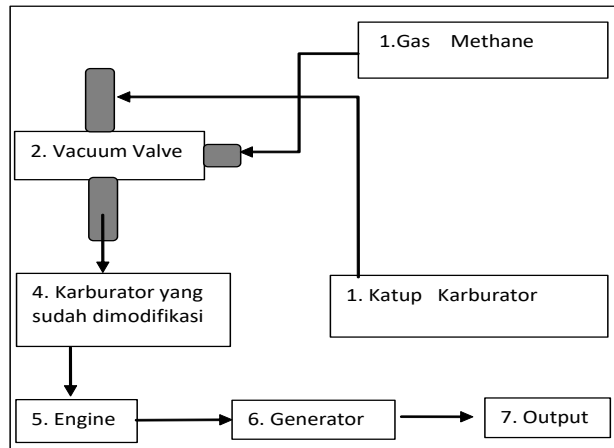
P : jumlah kutub = 2 (untuk genset skala rumah tangga)

Sehingga putaran optimum engine adalah 3000 rpm. Untuk menstabilkan putaran, engine dilengkapi dengan pengatur putaran *Mechanical Speed Governor* yang bekerja dengan prinsip gaya sentrifugal untuk mengendalikan pembukaan gas pada karberator.

Genset skala rumah tangga biasanya dioperasikan jika listrik dari jaringan PLN mengalami pemadaman. *State of the art* dari penelitian ini adalah penggunaan bahan bakar gas metane untuk mengoperasikan genset skala rumah tangga. Kelangkaan bahan bakar premium tidak menjadi kendala untuk mengoperasikan genset tersebut. Genset dalam penelitian ini menggunakan engine jenis motor bakar torak (*internal combustion engine*) 4 langkah yang bias menggunakan bahan bakar premium (bensin). Genset yang sudah dimodifikasi, selanjutnya dapat bersifat Hybrid, artinya dapat dioperasikan menggunakan bahan bakar premium maupun gas metane.

Konversi bahan bakar premium ke gas metane dipergunakan komponen *Vacuum valve* yang akan dirancang berbentuk tabung kecil dan harus bisa mengubah tekanan yang ada didalam tabung tersebut menjadi lebih kecil dari tekanan yang ada pada tabung gas metane sehingga dapat menghisap dan mengalirkan gas kekarburator melalui media selang. Alat ini disebut vacuum valve. Adapun proses yang terjadi pada genset berbahan bakar gas metane dapat dilihat dalam gambar berikut :

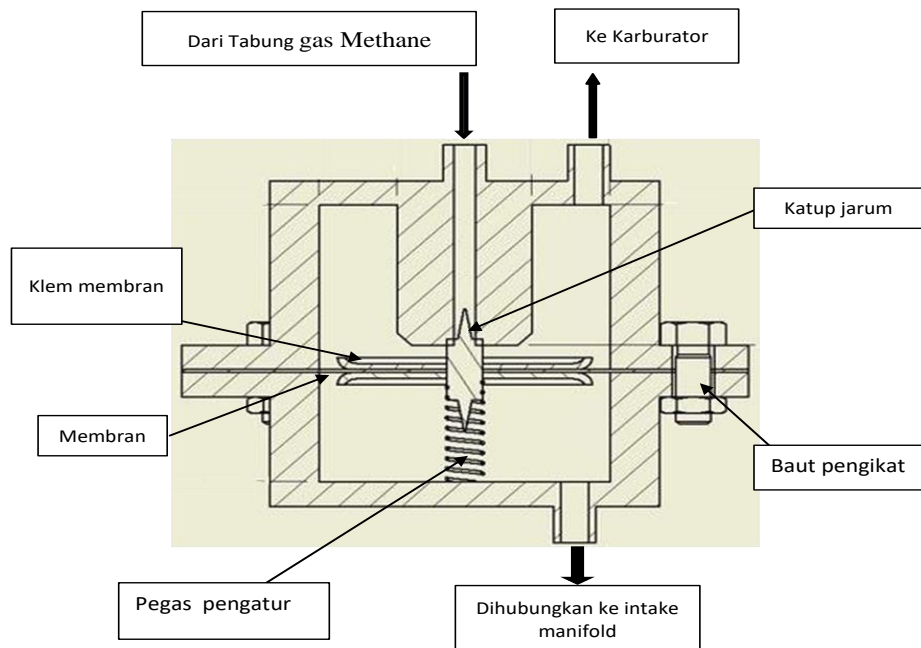




Gambar 2 Rancangan *Lay out* konversi bahan bakar premium ke gas Methane pada genset pada penelitian ini

2.2 Mekanisme *Vacuum Valve*

Vacuum valve adalah rangkaian beberapa komponen yang sudah dimodifikasi sedemikian rupa sehingga dapat menghasilkan suatu sistem distribusi bahan bakar dalam hal ini berupa gas Methane untuk dapat menggantikan bahan bakar sebelumnya yaitu bensin. Adapun komponen-komponen dari konversi bahan bakar terdiri dari *vacuum valve*, karburator yang telah dimodifikasi, dan isolator yang telah dimodifikasi. Gambar berikut menyajikan sistematisasi *Vacuum valve* sebagai komponen utama pada konversi bahan bakar premium ke gas Methane pada penelitian ini.



Gambar 3 Konstruksi *Vacuum valve*

Vacuum valve memiliki fungsi yang vital pada perancangan kami ini, secara sederhana *vacuum valve* berfungsi sebagai alat yang mampu mengubah tekanan menjadi lebih kecil dari

pada tekanan dalam tabung gas Methane sehingga mampu menghisap gas yang ada didalamnya, yang kemudian dialirkan kekarburator (lihat gambar 3).

Vacuum valve terdiri dari beberapa komponen yaitu :

- Membran yang terbuat dari karet tipis dan elastis.
- Dudukan membran yang terbuat dari tembaga.
- Pipa penyalur yang terbuat dari tembaga.
- Pegas penahan membran.
- Housing atas dan bawah sebagai rumahan yang terbuat dari baja karbon

Berikut Prinsip kerja dari *vacuum valve* :

1. Pada saat membran tertarik/terhisap kebawah, maka katup yang berada di atas membran akan terbuka dan membuka jalur gas. Hal ini mengakibatkan tekanan didalam vacuum valve mengecil sehingga gas didalam tabung gas Methane akan terhisap.
2. Pada saat membran kembali keposisi awal, maka katup akan menutup jalur gas sehingga gas yang telah terhisap dan berada didalam vacuum valve akan dialirkan ke karburator melalui lubang pipa penyalur.
3. Proses yang menyebabkan membran tertarik kebawah dan kembali ke posisi awal adalah karena pada saat motor di start, poros engkol akan memutar crank shaft pada piston sehingga piston didalam silinder akan melakukan langkah isap, Langkah isap ini akan menghasilkan daya hisap yang kuat. Hal ini yang dimanfaatkan untuk menarik membran dan membuka katup membran melalui media pipa tembaga yang dipasang pada isolator.
4. Pada saat langkah isap membran akan turun sehingga terjadi pemasukan gas.
5. Setelah langkah isap, piston akan melakukan langkah kompresi yang mengakibatkan piston terdorong keatas didalam silinder, sehingga membran kembali keposisi awal dan katupnya menutup jalur gas.

2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya (Widagdo, T, 2005), yang membahas tentang pengolahan biomassa menjadi bahan bakar yang bersifat *renewable*. Penelitian ini bersifat Induktif, yaitu mengambil data langsung dari kejadian nyata di lapangan. Metode yang dipakai adalah Kaji Ekaperimental terhadap suatu fenomena alam dengan melibatkan beberapa variabel penelitian yang sudah ditetapkan. Secara umum kegiatan penelitian, secara runut dibagi menjadi enam kegiatan utama, yaitu:

1. Pengadaan Genset uji.

Genset yang akan dijadikan obyek penelitian sebanyak 1 unit, digerakkan oleh motor bensin dengan daya listrik maksimum 3500 watt, beroperasi pada putaran 3000 rpm. Listrik yang dihasilkan adalah jenis AC dengan tegangan nominal 220 Volt.

2. Pengadaan instrumen (alat ukur pengujian) sebagai sarana utama untuk pengambilan data pengujian.

Instrument terdiri dari:

- a. *Tachometer*, berfungsi untuk mengukur putaran mesin
- b. *Multi tester*, berfungsi untuk mengukur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh alternator.
- c. *Anamometer*, berfungsi untuk mengukur kecepatan udara yang mengalir ke *intake manifold* mesin.
- d. *Gas Identifier*, berfungsi untuk mengetahui komposisi gas buang hasil pembakaran.
- e. *Potentiometer*, berfungsi untuk memberikan beban alternator ketika genset dioperasikan menggunakan bahan bakar premium maupun gas metabeG.

2. Rancang bangun *Vacuum Valve*

Kegiatan ini berintikan proses produksi komponen penelitian. Skala prioritas diberikan untuk kepresisi dan keamanan dengan cara memberikan perlakuan khusus berupa pengerjaan



menggunakan CNC. Kegiatan dilanjutkan dengan *Assembly* (perangkaian) komponen yang sudah dibuat dengan sensntiasa mempertimbangkan aspek:

- Kesejajaran, kesebidangan serta kestabilan mesin
 - *Knockdown*, artinya mesin dapat dengan mudah dibongkar pasang. Hal ini sngat penting untuk kegiatan perawatan dan perbaikan mesin.
 - Aspek Mobilitas, artinya mesin dapat dengan mudah dipindah secara manual dari satu tempat ke tempat lain.
 - *Hybrid*, artinya mesin genset dapat dengan mudah ditukar bahan bakarnya dari premium ke gas methane atau sebaliknya.
3. Pengujian Awal mesin (*comissioning*). Bertujuan untuk mengetahui respon komponen mesin ketika mesin dioperasikan. Mesin dioperasikan dengan beban minimum hingga distribusi panas merata, selanjutnya beban dinaikkan secara perlahan lahan hingga mencapai beban maksimum. Pada beban maksimum akan dipertahankan untuk jangka waktu tertentu (± 10 jam). Perbaikan ataupun modifikasi komponen dilakukan jika diketahui ada yang rusak.
 4. Pemasangan sarana pengujian, yang meliputi sistem pembacaan data (instrumen), sistem pengendalain (kontrol) serta sistem keamanan.. Sebelum dipasang pada mesin, maka sarana pendukung akan dikalibrasi sesuai dengan daerah kerja yang dapat dilayani. Hal ini penting berkaitan dengan validitas ketika dilakukan pengambilan data pada mesin.
 5. Pengujian Mesin. Bertujuan untuk mendapatkan data pengujian berdasarkan variasi beban genset serta variasi bahan bakar yang sudah ditetapkan Data yang akan diambil terdiri dari:
 - a. Putaran mesin genset pada beban maksimum alternator
 - b. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh alternator pada berbagai beban potensiometer
 - c. Konsumsi bahahan bakar per watt-hr kerja genset
 - d. Efisiensi kinerja genset untuk dua jenis bahan bakar, premium dan etane
 - e. Komposisi gas hasil pembakaran yang dihasilkan untuk kedua jenis banhan bakar
 - f. Getaran genset. listrik, untuk mengetahui dampak negatif dari penggantian bahan bakar
 6. Pembuatan program computer,
Dengan tujuan untuk menganalisis data-data eksperimen mesin genset..
 7. Pembuatan modul ajar mahasiswa.
Hasil rancangan bangun perangkat keras dan perangkat lunak penelitian akan dijadikan materi ajar bagi mahasiswa Jurusan Teknik Mesin pada mata kuliah Mesin Konversi Energi
 8. Pembuatan Laporan Kegiatan dan Laporan akhir kegiatan serta pertanggungjawabbn penggunaan dana penelitian
 9. Publikasi ilmiah.
Kegiatan penelitian akan dipublikasikan melalui jurnal Ilmiah Nasional terakreditasi
 10. Hak Kekayaan Intelektual.
Penelitian ini akan diusahakan untuk mendapatkan Hak kekayaan Intelktual melalui Program UBER HAKI Kementerian Kehakiman RI. Berikut ini disajikan diagram alir penelitian yang akan diselesaikan dalam waktu satu tahun.

Pengjian genset dilakukan untuk dua jenis bahan bakar. Setiap pengujian dilakukan dengan durasi satu jam. Variabel utama pengujian adalah beban alternator, berupa arus listrik yang di suplai ke potesiometer. Variasi dilakukan dengan cara mengatur nilai impedansi potensiometer. Pengaturan beban dibatasi sepanjang alternator masih menghasilkan tegangan 220 Volt.

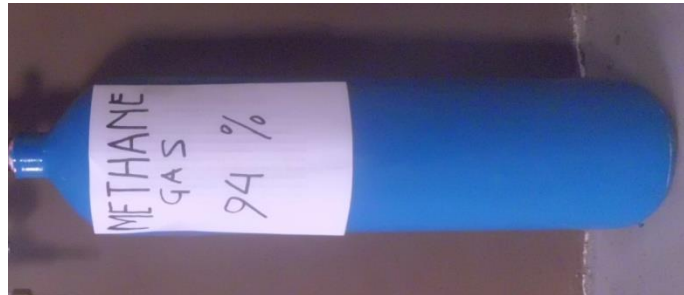
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

Pengambilan data penelitian dimulai dengan pengadaan gas methane. Gas methane diperoleh dari toka bahan kimia. Selanjutnya gas diperiksa kemurniannya menggunakan GC (*Gas*



Chromatograph), Hasil pemeriksaan diperoleh data kuantitatif yang menunjukkan tingkat kemurnian atas dasar massa sekitar 94 %. Komponen lain yang terkandung adalah gas Nitrogen serta beberapa gas hidrokarbon ringan sebanyak 6 %. Selanjutnya gas ditampung pada tabung dengan tekanan 200 bar. Untuk pemakaian, tekanan gas direduksi hingga mencapai sekitar 0,8 bar (11,8 psi). Nilai ini diperoleh berdasarkan kondisi membran pada *vacuum valve*.



Gambar 4. Gas Methane 94%

laju aliran massa gas metane ke *engine* dibaca menggunakan alat ukur flow meter. Dihitung secara termodinamika berdasarkan suhu dan tekanan terukur.



Gambar 5. Instrumen pengukuran gas

Untuk menhidupkan engine gas methan dialirkan ke *vacuum valve* dan ditampung di ruang atas membrane. Jika engine dalam keadaan stop operasi, gas methane tidak dapat mengalir. Gas methane baru bisa mengalir jika ada kendali dari *engine intake manifold* yang menarik membran sehingga membuka katup gas, selanjutnya gas methane akan mengalir melalui *front manifold*. AFR (*Air-fuel Ratio*) dikalibrasi menggunakan pegas yang ada pada *vacuum valve*. Pembebanan listrik generator dilakukan dengan menggunakan elemen basah yang terbuat dari plat baja *satin, ess*.



Gambar 6. *Vacuum valve*

Pengoperasia *engin*et menggunakan bahan bakar premium dilaakukan sesuai dengan perangkat standar dari engine, sedangkan pada pengoperasian *engine* menggunakan gas methane, maka ditambahkan komponen *vacuum valve* yang berfungsi sebagai pengatur AFR.

Prosedur pengambilan data ekeperimen pengoperasian Genset menggunakan bahan bakar Premium adalah sebagai berikut:

1. Membuka katup bahan bakar premium dan menglikanya ke karburetor
2. Menghidupkan *engine* menggunakan *electric starter*
3. Pengoperasian awal genset sekitar 1 menit untuk tujuan *warm up* hingga kondisi stabil
4. Memberikan beban awal generator dengan arus sekitar 1,5 Ampere untuk pemansan generator
5. Jika kondisi sudah stabil, maka data utama lainnya dicatat, lain: debit premium ke *engine*, tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator serta frekwensi listrik generator. Data tambahan yang juga diamati adalah respon generator ketika menerima beban listrik
6. Langkah 4 dan 5 dilakukan untuk beban listrik yang lebih besar

Prosedur pengambilan data ekeperimen pengoperasian Genset menggunakan bahan bakar gas methane adalah sebagai berikut:

1. Membuka katup utama dari tabung gas methane
2. Menurunkan tekanan gas hingga mencapai angka sekitar 0,8 bar
3. Menghidupkan *engine* menggunakan *electric starter*
4. Pengoperasian awal genset sekitar 1 menit untuk tujuan *warm up* hingga kondisi stabil
5. Memberikan beban awal generator dengan arus sekitar 1,5 Ampere
6. Jika kondisi sudah stabil, maka data utama lainnya dicatat, lain: debit gas methane ke *engine*, tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator serta frekwensi listrik generator. Data tambahan yang juga diamati adalah respon generator ketika menerima beban listrik
7. Langkah 5 dan 6 dilakukan untuk beban listrik yang lebih besar.

Data data hasil pengujian dapat dilihat pada table berikut

Tabel 3. Data pengujian Genset menggunakan bahan bakar premium

No Beban	Tgangan listrik, V (Volt)	Arus listrik, I (Ampere)	Laju aliran massa bahan bakar, \dot{m}_f , kg/sec	Frek. listrik, F(Hertz)	Respon <i>engine</i> dan generator
1	220	5,6	0,0000725	54,4	Normal
2	220	10,7	0,0000994	54,1	Normal
3	210	17,5	0,0001387	51,8	Getaran naik
4	195	19,8	0,0001508	48,6	Getaran tinggi,
5	184	22,4	0,0001651	46,4	<i>Overheated</i>

Tabel 4 Data pengujian Genset menggunakan bahan bakar Gas Methane

No Beban	Tgangan listrik, V (Volt)	Arus listrik, I (Ampere)	Laju aliran massa bahan bakar, \dot{m}_f , kg/sec	Frek. listrik, F(Hertz)	Respon <i>engine</i> dan generator
1	220	12,2	0,0000119	52,2	Normal
2	220	14,3	0,0000994	52,1	Normal
3	220	16,2	0,0001387	50,6	Normal
4	210	17,9	0,0001508	49,4	Getaran naik
5	200	19,1	0,0001651	48,8	<i>Overload</i>

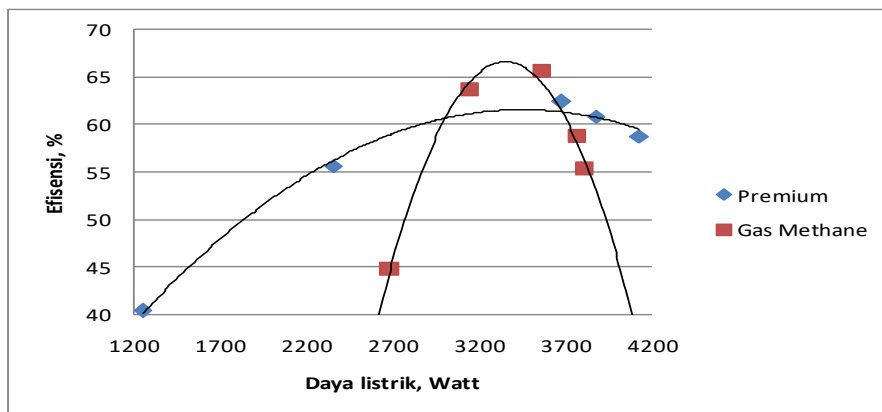


3.2 Pembahasan

Data-data pengujian dari table di atas sudah diuji signifikansinya menggunakan uji statistik Chi-test, selanjutnya dilakukan rekapitulasi sesuai dengan kebutuhan analisis data yang akan dilaksanakan.

Tabel.5 Rekapitulasi data eksperimen Genset

Pengoperasian genset dengan bahan bakar Premium		Pengoperasian genset dengan bahan bakar Gas Methane	
Daya Listrik, P, Watt	Efisiensi, η_o , %	Daya Listrik, P, Watt	Efisiensi, η_o , %
1245	40,4	2678	44,8
2350	55,6	3145	63,7
3677	62,4	3564	65,6
3876	60,8	3766	58,8
4126	58,8	3809	55,3



Gambar 7. Kurva Karakteristik Genset Hasil eksperimen

Dengan pendekatan garis kecenderungan (*trend line*) sebagai fungsi kuadrat (polynomial ordo 2) dihasilkan data-data korelasi:

Pengoperasian genset dengan bahan bakar premium,

- Fungsi kecenderungan (*trend function*), $y = -4e-06 x^2 + 0,03 x + 9,276$,
- Koefisien Regresi, $R^2 = 0,993$

Dengan metode turunan pertama diperoleh:

- Daya optimum genset $P = 3750$ Watt
- Efisiensi maksimum genset, $\eta_{maks} = 62,2$ %

Pengoperasian genset dengan bahan bakar gas Methane,

- Fungsi kecenderungan (*trend function*), $y = -5e-05 x^2 + 0,327 x + 482,3$
- Koefisien Regresi, $R^2 = 0,986$

Dengan metode turunan pertama diperoleh:

- Daya optimum genset $P = 3270$ Watt
- Efisiensi maksimum genset, $\eta_{maks} = 66,1$ %



4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

- Gen-set dengan daya listrik 3500 Watt yang bias dioperasikan menggunakan bahan bakar premium dapat juga dioperasikan menggunakan bahan bakar gas methane
- Komponen *Vacuum Valve* sebagai pengendalian AFR (*Air-Fuel Ratio*) untuk gen-set yang dioperasikan menggunakan bahan bakar gas methane.

4.2 Saran

- Kepada para pembaca yang berminat untuk mengadopsi teknologi *vacuum valve* yang penulis kembangkan, untuk daya gen-set yang berbeda, dapat menyesuaikan ukuran dan bentuk geometrik *vacuum valve* yang sesuai dengan daya gen-set yang akan dioperasikan.
- Kepada para peneliti yang akan mengambil data menggunakan paket teknologi yang penulis kembangkan, diharapkan berhati-hati ketika mengatur tekanan gas methane yang akan disuplai ke *engine* untuk menghindari terjadinya pembakaran dini ketika terjadi penacampuran udara dan gas methane di daerah *intake manifold*

Daftar Pustaka

- Kent's, S., 2010, *Mechanical Engineering Handbook*, Power Volume, 4th edition, Toppan Company, Tokyo.
- Maleev, V. I., 2009, *Internal Combustion Engines*, International Student Edition, 17th printing, Mc-Graw Hill Book Company, London.
- Sailon dan Widagdo T., 2002, *Dinamometer Mekanik dengan Pengatur Putaran Governor Sentrifugal*, Laporan penelitian Dosen Muda DP2M.
- Widagdo T dan Cholikh .M., 2008, judul: Karakter Dinamik Mesin Stirling., Artikel ilmiah, *Jurnal Teknik Mesin*, ITB.
- Widagdo, T., 2009, 'Mesin Stirling sebagai Solusi untuk mengatasi kelangkaan Bahan Bakar Minyak', *Tulisan Ilmiah bidang teknologi*, dimuat di Harian Sumatera Ekspres
- Widagdo, T., 2004, Pembuatan Biodiesel Minyak Jarak Pagar menggunakan Metode Transesetifikasi. *Prosiding Seminar Laporan Hibah Bersaing 2004/2005*.
- Zuhail, T dan Amran .S., 2009, *Dasar-dasar Tenaga Listrik, Teori dan Aplikasi*, Edisi 4, Penerbit ITB, Bandung.
-ESDM, 2011, 'Data Statistik Konsumsi Bahan Bakar di Indonesia, kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia
-URL: <http://www/engine.ectcomb.go.id/>, 'Stirling Engine, free encyclopedia International.



Flow Visualization and Lift-Drag Performance of Fighter Aircraft Model in Water Tunnel

Widia Kartika, Sutrisno

Department of Mechanical and Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Yogyakarta 55281, Indonesia
Telp. (0274) 521673
E-mail: mrsutrisnougmail@gmail.com

Intisari

These reports elucidate the Chengdu J-10-like Fighter Experiment results in Water Tunnel. The results of the Chengdu J-10 model in water tunnel show that i) vortex core and vortex breakdown closer to canard leading edge as α = higher, ii) At 35° angle of attack, Chengdu model reached the $CL_{max} = 0.092$, and iii) at 35° angle of attack, the vortex breakdown location is at 37% of the whole canard wing. The effect of angle of attack on lift and drag coefficients of Chengdu J-10-like Fighter Model in water tunnel a) The influence of canard wing angle of attack on the main wing the Chengdu J-10-like fighter model is very real, b) at 40 degrees angle of attack, there 9/16 or 56.25% of the ink flow is still attached to the main wing.

Kata Kunci: Chengdu j-10-like, water tunnel, vortex breakdown, attach main wing.

1. Pendahuluan

Modeling of fighter aircraft to study the aircraft agilities, flow separations, vortex interactions, and breakdown of the vortex system, creating rolled-up vortices that are able to delay stalls and increase maximum lifts, especially from medium to high angle of attacks catches more aerospace engineering researchers' attention.

Several researches in canards and LEXs fighters have continued. Guoqing (2010) has conducted investigation of vortex interaction in canard-FSW. Mehdi (2016) had learned flow physics of a canard configured Trans Cruiser. Ghoreyshi et al. (2015) simulation validation of static and forced motion flow physics of a canard configured TransCruiser

Several researchers on double delta fighters were conducted. CFD analysis of the flow around the X-31 aircraft at high angle of attack have been studied O.J. Boelens, 2012 (Boelens, 2012). Effect of Sideslip on High-Angle-of-Attack Vortex Flow over Close-Coupled Canard has been thoroughly investigated, Chen 2015 (Chen *et al.*, 2016). Transonic Aerodynamic Load Modeling of X-31 Aircraft Pitching Motions has been studied Ghoreyshi et al. 2013 (Ghoreyshi *et al.*, 2013). Experimental and numerical aspects of simulating unsteady flows around the X-31 configuration Schütte et al. 2007 (Schütte and Rein, 2007).

Aircraft agilities, and nevertheless they have their own created-vortices system characteristics. Even though the flow around both fighters are with high complexity due to flow separations, vortex interactions, and breakdown of the vortex system, they all create rolled-up vortices that are able to delay stalls and increase maximum lifts, especially from medium to high angle of attacks (AoA) (Calderon, Wang and Gursul, 2012) (Mitchell and Delery, 2001) (Boelens, 2012) (Chen *et al.*, 2015). With one exception that fighters with canard wings possibly have more design freedoms, in fuselage effects and in relative location between canards and main wings.

Presently high speed air transport vehicles were required, swept wings became an alternative solution. As the air passed the leading edge, the vortex filaments rolled up into rolled-up vortices, and produced extra lift. Eventually, as the wing sweep increases above 55°, the spanwise



component of flow is strong enough to push the axial component of the vortex centre toward the tip creating a stable, non expanding, core shaped vortex, as it is called vortex core. As the fighter aircraft traveled at higher velocity, to avoid drag divergences, the wings need higher swept, and some of them became delta wings. As the high velocity air passed the wings, it became rolled up vortices. If the wing sweep higher than 55° , the axial center velocity could be higher than the free stream velocity, thus the vortex core would create a large amount of added vortex core lift to the wings. After some distance from the leading edge, the vortex cores would break down. As the angle of attack grew higher, the vortex breakdown location moved closer to the leading edge. The vortices breakdown increased the low pressure lost on the delta wing surface board, and the lift was destroyed as the delta wing stalled.

Several researches on the vortex break down dynamics on delta wings have been conducted. An experimental investigations on leading-edge vortex structures for flow over non-slender delta wings had been contributed (Jin-Jun and Wang, 2008). The vortical flow control and breakdown over slender delta wings had been studied (Mitchell and Delery, 2001). Vortex breakdown control using jet flap had also been investigated (Vlahostergios *et al.*, 2013). Vortex interference associated with missile configurations has been carried out (Lesieutre and Quijano, 2014). The effect of a center body on the vortex flow of a double-delta wing with leading edge extension has been analyzed (Sohn, Hwan Myong and Chang, 2010). Numerical simulation of maneuvering aircraft has also been performed (Schütte *et al.*, 2009). One should note here that rolled-up vortex, vortex-core strength and its trajectory are not deeply investigated

Due to the urgent need for traveling and military purposes, the canard airplane and canard fighter were constructed. The canard was not only function as a lifting wing, but with main wings interaction could delay stall and create extra lifts at high angle of attack, increase the fighter agility in battles. Here, the aerodynamic properties of a canard-configuration had also been studied (Ito and Iwashita, 2014). The topology main vortex system and canard-wing interactions in subsonic flow had been investigated (Samimi, Davari and Soltani, 2013). An analysis on a wing canard configuration aerodynamics characteristics with canard deflection had been reported (Lopez, 1990). Unsteady flows around X-31 flap deflection had been simulated (Schütte, Rein and Höhler, 2007). Three-dimensional measurements of vortex breakdown i) along the core blowing and ii) periodic suction & blowing had also been carried out (Calderon, Wang and Gursul, 2012). It should be noted that vortex-core strength and its trajectory not thoroughly investigated

The mechanism of breakdown delay is largely due to the downwash created by the canard vortex in the inner part of the wing, which reduces the local effective AoA, thus suppressing flow separation and delaying the formation of the wing's leading-edge vortex (Calderon, Wang and Gursul, 2012). The resultant improvement of the pressure field on the wing (Mitchell and Delery, 2001) yields lift enhancement. The delay would be significant, even when the configuration entered the post stall regime, which was also credited to the downwash generated by the canard (Boelens, 2012) (Chen *et al.*, 2015).

Several researches in canards and LEXs fighters have been carried on. An investigation of vortex interaction in canard-FSW has been conducted (Guoqing, Shuxing and Yong, 2010). Flow physics of a canard configured TransCruiser had been studied (Ghoreyshi *et al.*, 2013), and he validation of static and forced motion flow physics of a canard configured TransCruiser had been simulated (Ghoreyshi *et al.*, 2013).

During aerial combat or dog fighting in battle field, fighter needs significant lift increase and stall delay to postpone vortex break down at high AoA. It is expected that, inside of rolled-up vortices, vortex cores generate extra high vortex lift, delay stall as well as vortex breakdown and gives extra agility to perform higher maneuverability in combat. The strength of additional vortex lift is much stronger than that created by downwash.

Other researchers contribute several aspects in rolled up vortex toward vortex breakdown delay. Some research activities on how to control vortex behavior have been done comprehensively. A wing-body configuration to delay onset of vortex asymmetry have been



designed (Cai *et al.*, 2011). Three-dimensional measurements of vortex breakdown has been performed (Calderon, D.E, Wang, Z and Gursul, 2012). The flow control of vortical structures and vortex breakdown over slender delta wings has been investigated (Mitchell and Delery, 2001). Sun *et al.* (Sun, Li and Zhang, 2013) have conducted examination on double delta fighter, Schütte *et al.* (Schütte, Rein and Höhler, 2007), have performed numerical simulation of maneuvering aircraft X31, Sahin *et al.* (Sahin *et al.*, 2012) had learned flow structure over the yawed non-slender diamond wing. An integrated to UCAV stability & control estimation X31 had been investigated (Cummings and Schutte, 2010).

There are 2 types of canard fighter fuselage configurations, a common or straight type fuselage configuration is the Euro-fighter (German), Rafale (France), Gripen (Sweden), and Chengdu (China), and the other type is a curved (bird body-type) fuselage configuration which is Sukhoi type. The focus of the investigation is the straight fuselage configuration, namely the China-like fighter, Chengdu J-10-like model. The other type, the detail experimental and CFD modeling for the Sukhoi/curved type fuselage configuration is currently in progress,

This paper showed the results of the Chengdu J-10 –like Fighter Experiment results in water tunnel as it is performed at various AoAs = 0°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°. At each incidence, the C_l and C_d measurements were carried out and flow visualization methods were employed to show vortex breakdown location with respect to AoA.

2. Metodologi

2.1. Flow visualization technique

The best example of water tunnel is the NASA Dryden Flow Visualization Facility (FVF). The NASA Dryden FVF is a closed-return type water tunnel with a vertical test section.

Testing in the FVF is typically performed at a rate of approximately 3 in/sec. At this speed, the velocity profile can vary approximately +0.18 in/sec, and the turbulence intensity level is less than 1 percent. A detailed description of the facility has previously been given. The dye tracer technique was used in this test. This technique consists of emitting dye that is entrained in the flow field of interest, thereby revealing the flow structure to the observer. Two- and three-dimensional flow structures surrounding a body can be observed and analyzed in the FVF using this technique.



Figure 1. Water tunnel facility with 12,000 liters water storage, can operate at two speeds a) water speed 4 m/s, and b) water speed 1 m/s at the 20 cm x 20 cm test section.



2.2. Water-tunnel suitability

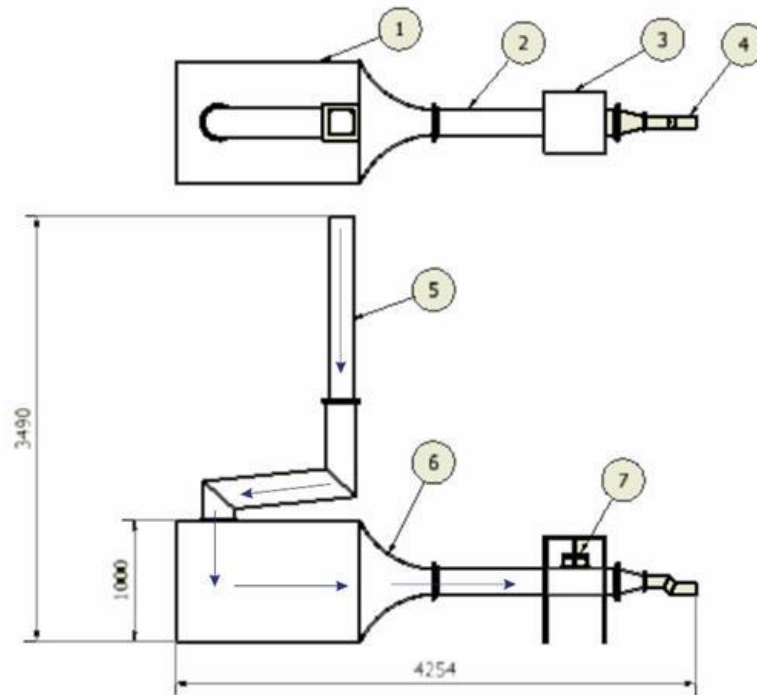


Figure 2. Water tunnel facility with 12,000 liters water storage, can operate at two speeds a) water speed 4 m/s, and b) water speed 1 m/s at the 20 cm x 20 cm test section.

Flow visualization in low-speed water tunnels has been an effective method for the analysis of complex flow fields. Although this type of test is conducted at much lower Reynolds numbers than those of flight, there are types of flow which are relatively insensitive to Reynolds number. Phenomena such as vortices and their generation, interaction, and breakdown are in this category and are ideally studied in a facility such as a water tunnel. Erickson concluded that flow fields that are vortex-dominated are similar regardless of Reynolds number. The flow field surrounding the Chengdu J-10-like configuration at high angles of attack can be characterized as vortex-dominated; therefore, Erickson's findings provide confidence that the results from the water tunnel test are reliable. Erickson also noted that although the water tunnel is not appropriate for obtaining quantitative data about Reynolds number-sensitive effects such as boundary-layer separation (BLS) location, it can be effectively used to evaluate qualitative changes in the flow field caused by changes in aircraft configuration.

2.3. Design of Chengdu J-10-like model

In this study, an experiment in water tunnel is conducted to investigate the performance measurement and flow visualization to the Chengdu J-10-like Fighter model aircraft for different aircraft and canard angle of attacks.

The subject of this test was a 4.4 percent-scale model of the Chengdu J-10-like Fighter model aircraft. Some other similar researches has been conducted but most of the work has the following drawback, some were fococused on a) Wing downwash, b) Gradual vortex break down location due to AoA and A, c) Particle tracking methods, d) Core blowing, periodic suction, e) Effect of centre body, jet flap, vortex assymetry, f) Load X31, Side-slip, flap deflection, yaw, g) some only delta wing, double delta.

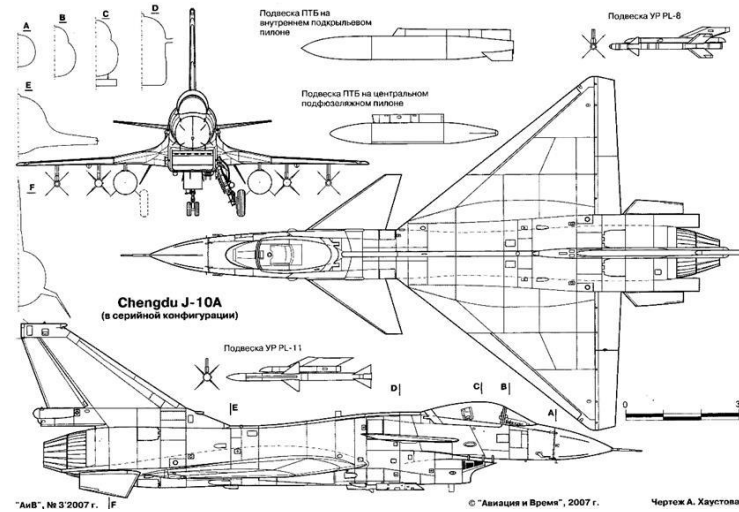


Figure 3. The Blueprint of Chengdu J-10 to be applied to manufacture fighter aircraft model.



2.4. Test configurations

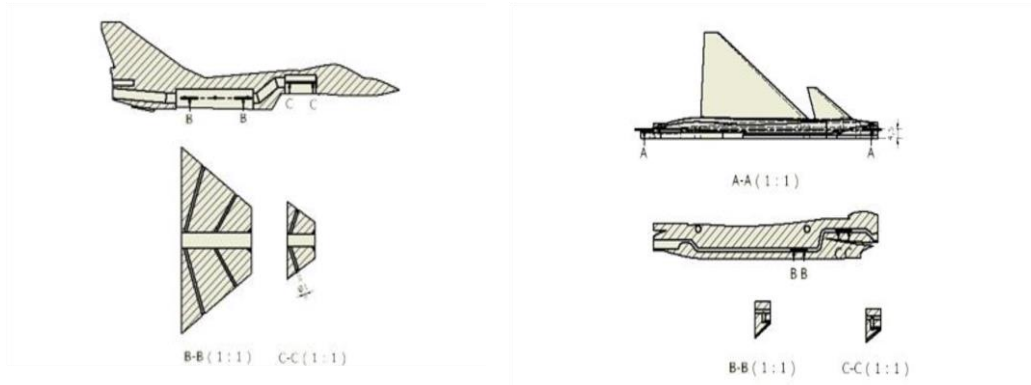


Figure 4. a) Channels in the model with the first system, and b) The second ink injection channel in a model fighter similar to Chengdu J-10

In this study the aircraft model was drawn first using the Autodesk Inventor program. The depiction process is done by searching for blueprint from Chengdu J-10 aircraft. From the blueprint we can get a snapshot of each part.

2.5. Test Conditions And Procedures

In the ink injection system 2 ink channels are passed into the model inside the 4.5 mm from the outside. The B-B snippet image shows the ink duct inside the wing. A C-C snippet represents an ink canal inside the canard.

2.6. Lift and Drag Data Measurement

To measure the lift and drag data on the test section using an lift and drag measuring devices. Signal from the device is then feeded to a computer. On the computer have to be installed with a labview program, we load the file used to record the lift and drag data earlier. Once all has been set up properly then the amount of lift and drag will appear on the screen, in grams.



Figure 5. a) The photo of a ready-made plastic hose branch, ready for use, and b) the photo of the lift and drag measurement facilities on the Water tunnel

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Chengdu J-10 –like Fighter Experimen in Water Tunnel

It is important to note that in this experiment the vortex merging is visible. Vortex core and vortex breakdown closer to canard leading edge as α = higher.

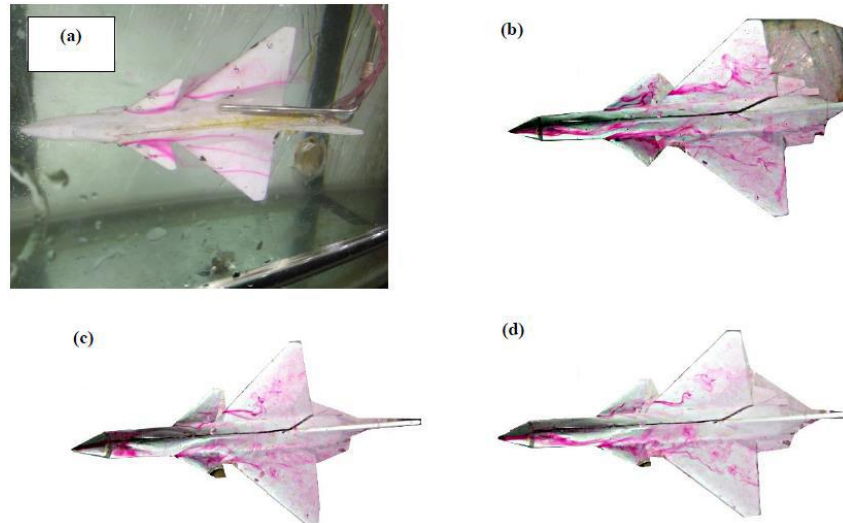


Figure 6. Visualization results of Chengdu J-10-like fighter models ink channels are activated at the angle of attack, (a) 0° (b) 20° (c) 30° and (d) 40°.

3.2. The effect of angle of attack on lift and drag coefficients of Chengdu J-10-like fighter model in water tunnel

It is found that at 35° angle of attack, Chengdu model reached the $CL_{max} = 0.092$. At 35° angle of attack, the vortex breakdown location is at 37% of the whole canard wing. The influence of canard wing angle of attack on the main wing the Chengdu J-10-like fighter model is very real. The maximum lift coefficient C_l achieved 0.91 at 42 degrees fighter angle of attack. At 40 degrees angle of attack, there 9/16 or 56.25% of the ink flow is still attached to the main wing.

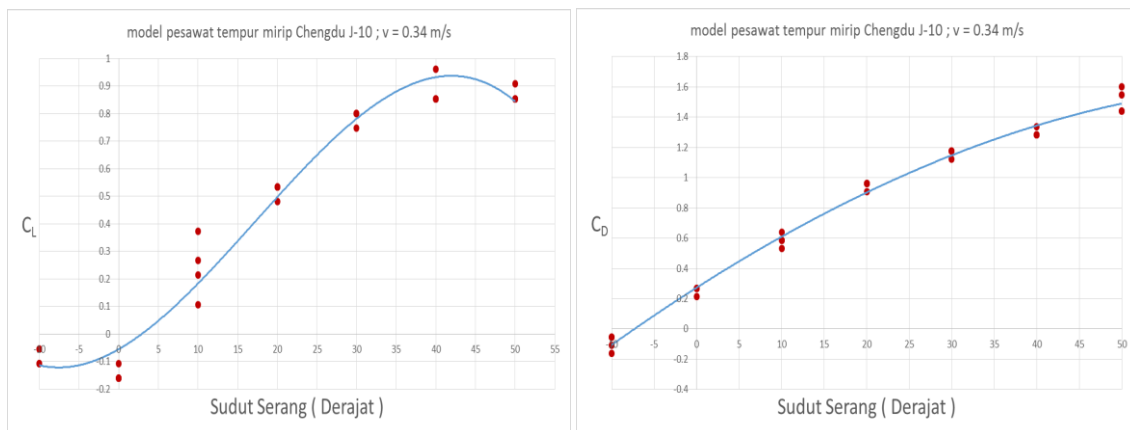


Figure 7. a) The curve C_l to the attack angle of a fighter model similar to Chengdu J-10. b) The curve C_d to the attack angle of aircraft model similar to Chengdu J-10

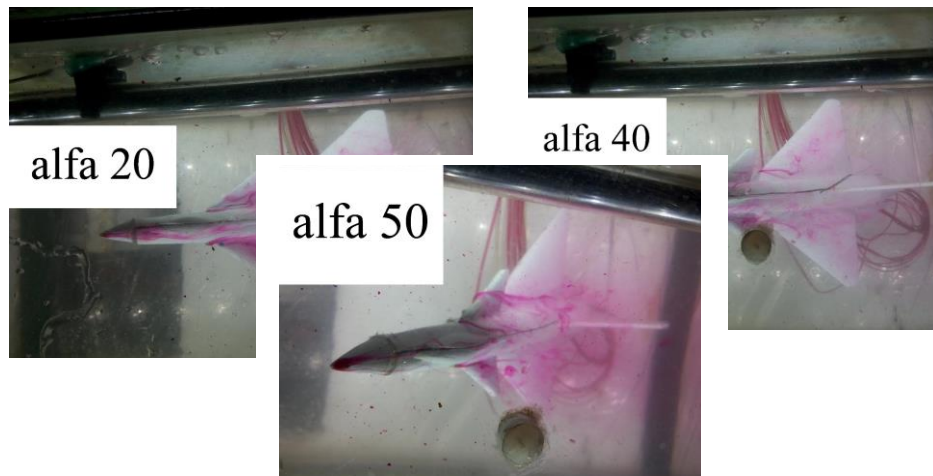


Figure 8. Visualization results of a similar fighter model Chengdu J-10 base of the main wing ink channel is activated, at the angle of attack (a) 0° (b) 10° (c) 20° (d) 30° (e) 40° (f) 50°

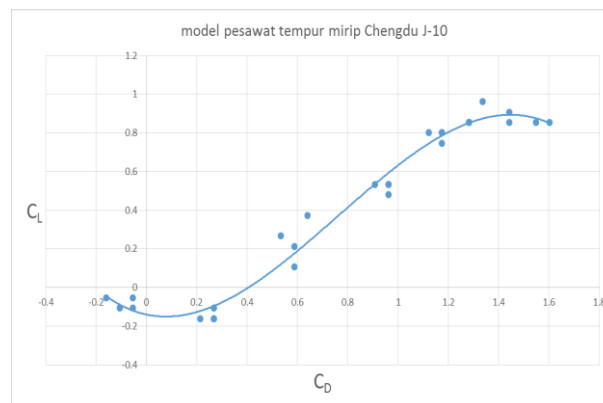


Figure 9. Curve of C_L to C_D of Chengdu J-10 fighter model.

4. Kesimpulan dan Saran

It can be concluded from this Chengdu J-10 –like Fighter Experimen in Water Tunnel that a) vortex core and vortex breakdown closer to canard leading edge as α is getting higher, ii) at 35° angle of attack, Chengdu model reached the $CL_{max} = 0.092$, and iii) at 35° angle of attack, the vortex breakdown location is at 37% of the whole canard wing.

One can conclude also that the lift and drag coefficients of Chengdu J-10 –like fighter model in water tunnel, depends on the effect of angle of attack, i) the influence of canard wing angle of attack on the main wing the Chengdu J-10 -like fighter model is very real, ii) at 40 degrees angle of attack, there 9/16 or 56.25% of the ink flow is still attached to the main wing.

Acknowledgments

This work has been carried out with a support of the Department of Higher Education, Republic of Indonesia. The authors would like to express sincere gratitude to Dr. Purnomo, Setyawan MT and Dr. Prajitno for time spent in serious discussion, helpful suggestion and useful conceptual contribution. We would like to thank also our students Dhanu, Surya, Hasan, Andriyanto, my laboratory staffs Waji and Min, their helps in construction work and conducting data management are gratefully acknowledged.



Daftar Pustaka

- Boelens, O. J. (2012) 'CFD analysis of the flow around the X-31 aircraft at high angle of attack', *Aerospace Science and Technology. Elsevier Masson SAS*, 20(1), pp. 38–51.
- Cai, J., Tsai, H.-M., Luo, S. and Liu, F. (2011) 'Design of an Optimal Wing-Body Configuration to Delay Onset of Vortex Asymmetry', *AIAA Journal*, 49(1), pp. 164–171.
- Calderon, D.E., Wang, Z. and Gursul, I. (2012) 'Three-dimensional measurements of vortex breakdown', *Experiments in Fluids*, 53(May), pp. 293–299.
- Calderon, D. E., Wang, Z. and Gursul, I. (2012) 'Three-dimensional measurements of vortex breakdown', *Experiments in Fluids*, 53(1), pp. 293–299.
- Chen, M., Liu, P., Guo, H. and Qu, Q. (2015) 'Effect of sideslip on high-angle-of-attack vortex flow over close-coupled canard configuration', *Journal of Aircraft*, 53(1), pp. 217–230.
- Chen, M., Liu, P., Guo, H. and Qu, Q. (2016) 'Effect of sideslip on high-angle-of-attack vortex flow over close-coupled canard configuration', *Journal of Aircraft*, 53(1), pp. 217–230.
- Cummings, R. M. and Schutte, A. (2010) 'An Integrated Computational/Experimental Approach to UCAV Stability & Control Estimation: Overview of NATO RTO AVT-161', in *AIAA Applied Aerodynamics Conference*, pp. 1–23.
- Ghoreyshi, M., Cummings, R. M., Ronch, A. Da and Badcock, K. J. (2013) 'Transonic Aerodynamic Load Modeling of X-31 Aircraft Pitching Motions', *AIAA Journal*, 51(10), pp. 2447–2464.
- Guoqing, Z., Shuxing, Y. and Yong, X. (2010) 'Investigation of Vortex Interaction in Canard-FSW Configurations Based on the Numerical Wind Tunnel Method', *Chinese Journal of Aeronautics*, 23(3), pp. 312–319.
- Ito, Y. and Iwashita, H. (2014) 'A Study on the Aerodynamic Properties of a Canard-Configuration WISES Highlights', *29th Intl Workshop on Water Waves and Floating Bodies*, 29(5), pp. 29–32.
- Jin-Jun, W. and Wang, Z. (2008) 'Experimental investigations on leading-edge vortex structures for flow over non-slender delta wings', *Chinese Physics Letters*, 25(7), pp. 2550–2553.
- Lesieutre, D. J. and Quijano, O. (2014) 'Studies of Vortex Interference Associated with Missile Configurations', *52nd Aerospace Sciences Meeting*, (January), pp. 1–11.
- Lopez, J. M. (1990) 'Axisymmetric vortex breakdown Part 2 . Physical mechanisms', *J. Fluid Mech*, 221, pp. 553–576.
- Mitchell, A. M. and Delery, J. (2001) 'Research into vortex breakdown control', *Progress in Aerospace Sciences*, 37(4), pp. 385–418.
- Sahin, B., Yayla, S., Canpolat, C. and Akilli, H. (2012) 'Flow structure over the yawed nonslender diamond wing', *Aerospace Science and Technology. Elsevier Masson SAS*, 23(1), pp. 108–119.
- Samimi, S., Davari, A. R. and Soltani, A. M. R. (2013) 'Canard-Wing Interactions in Subsonic Flow *', *Transactions of Mechanical Engineering*, 37(M2), pp. 133–147, URL: http://ijstm.shirazu.ac.ir/article_1743_c4f1120580ffc384955a5c2fe2ab1b4c.pdf.
- Schütte, A., Einarsson, G., Raichle, A., Schöning, B., Mönnich, W., Orlt, M., Neumann, J., Arnold, J. and Forkert, T. (2009) 'Numerical Simulation of Maneuvering Aircraft by Aerodynamic, Flight Mechanics and Structural Mechanics Coupling', *Journal of Aircraft*, 46(1), pp. 53–64.
- Schütte, A. and Rein, M. (2007) 'Experimental and numerical aspects of simulating unsteady flows around the X-31 configuration', in *3rd International Symposium on Integrating CFD and Experiments in Aerodynamics*, pp. 1–16.
- Schütte, A., Rein, M. and Höhler, G. (2007) 'Experimental and numerical aspects of simulating unsteady flows around the X-31 configuration', in *3rd Inter Symp on Integrating CFD and Experiments in Aerodynamics 20-21*, pp. 1–16.
- Sohn, Hwan Myong and Chang, W. J. (2010) 'Effect of a centerbody on the vortex flow of a



- double-delta wing with leading edge extension', *Aerospace Science and Technology*. Elsevier Masson SAS, 14(1), pp. 11–18.
- Sun, D., Li, Q. and Zhang, H. (2013) 'Detached-eddy simulations on massively separated flows over a 76/40 double-delta wing', *Aerospace Science and Technology*. Elsevier Masson SAS, 30(1), pp. 33–45.
- Vlahostergios, Z., Missirlis, D., Yakinthos, K. and Goulas, A. (2013) 'Computational modeling of vortex breakdown control on a delta wing', *International Journal of Heat and Fluid Flow*. Elsevier Inc., 39, pp. 64–77.



Halaman ini sengaja dikosongkan



TP – TEKNIK PRODUKSI



Halaman ini sengaja dikosongkan



Identifikasi 5S Pada Stasiun Perebusan (*Sterilizer*) di Pabrik Kelapa Sawit

Anizar, Ulfa Audina

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155
E-mail : anizar_usu@yahoo.co.id

Intisari

Kaizen merupakan penataan dan pemeliharaan tempat kerja melalui 5 langkah yaitu Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke. Perusahaan perkebunan yang bergerak pada pengolahan kelapa sawit dan menghasilkan CVO (Crude Palm Oil) belum secara optimal menerapkan kebersihan di area kerja khususnya pada stasiun perebusan (sterilizer). Pekerja mengeluh kondisi lingkungan kerja yang berantakan akibat berbagai peralatan yang berada di tempat kerja serta oli yang berceceran sehingga lantai licin. Analisis dilakukan menggunakan peta radar 5S berdasarkan kuisisioner yang diajukan kepada pekerja. Penyebab utama pada masalah Seiri adalah banyak peralatan tidak digunakan yang berada di area kerja. Kesulitan pekerja saat mencari peralatan dikarenakan tidak tersedianya tempat khusus peralatan merupakan masalah Seiton. Kebocoran oli yang menyebabkan lantai licin merupakan masalah Seiso. Pekerja yang tidak menggunakan alat pelindung diri saat bekerja dan kurangnya pemeriksaan rutin terhadap pekerja merupakan masalah Seiketsu. Kurangnya kedisiplinan pekerja terhadap peraturan mengakibatkan banyak pekerja yang datang terlambat, makan, minum dan merokok pada area kerja merupakan masalah Shitsuke.

Kata Kunci: Kaizen , Peta radar , Sterilizer

1. Pendahuluan

Kaizen 5S merupakan pondasi bagi industri manufaktur dalam memenangkan persaingan di era globalisasi yang serba cepat dalam perubahan kebijakan, teknologi dan cara kerja. 5S yaitu *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu*, dan *Shitsuke* merupakan lima langkah pemeliharaan tempat kerja yang dikembangkan melalui upaya intensif dalam bidang manufaktur (Imai, 2000). Penerapan 5S terhadap kinerja industri berpengaruh positif terhadap kinerja secara keseluruhan dan bisa meningkatkan kualitas, efisiensi dan produktivitas organisasi industri (Ghodraty, 2013). Metode 5S dapat dipergunakan untuk kegiatan pembersihan, penyortiran serta pengaturan sehingga perbaikan yang dilakukan akan berdampak signifikan terhadap keselamatan, produktivitas, efisiensi dan rumah tangga (Singh, 2015). Metode 5S dapat dipergunakan untuk membantu organisasi manufaktur skala kecil sehingga lebih produktif dan efisien (Gupta, 2015). Sedangkan identifikasi tentang efektivitas pelaksanaan 5S pada organisasi kinerja karyawan serta dan sikap mereka dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada karyawan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa 5S merupakan alat yang efektif untuk meningkatkan kinerja organisasi terlepas dari jenis organisasi, ukuran, produksi maupun layanan. Akibatnya, teknik 5S akan sangat mendukung tujuan organisasi untuk mencapai perbaikan terus menerus dan kinerja yang lebih tinggi (Rai, 2016). Penerapan metode 5S di industri keramik memperlancar aliran proses sehingga menghemat biaya proses. Setelah menerapkan 5S di departemen penyimpanan maka terjadi penghematan ruang sebesar 12,91% serta limbah proses tertentu berkurang (Thakkar, 2014). Efisiensi waktu produksi diperoleh dari penerapan prinsip 5S di bagian pabrikasi (Hartono, 2008). Implementasi 5S harus dilakukan secara bertahap mulai dari tahapan pengenalan hingga



tahap penerimaan budaya kerja baru tersebut (Suwondo, 2012). Pelatihan pekerja tentang peraturan 5S merupakan hal yang sangat penting. Mengusahakan terjadinya perbaikan secara terus menerus akan menghasilkan organisasi tempat kerja yang efektif (Patel, 2014).

2. Metodologi

Penelitian dilakukan pada stasiun perebusan (*sterilizer*) pabrik kelapa sawit di Sumatera Utara selama 2(dua) bulan. Pengamatan dilakukan pada stasiun perebusan yang terdapat proses pelunakkan buah agar daging buah mudah lepas dari biji sehingga memudahkan terjadinya pelepasan minyak dari sel-selnya pada waktu pemerasan di dalam *digester*. Buah kelapa sawit dimasukkan ke dalam mesin *sterilizing* selama 90 menit dan setiap 30 menit sekali operator yang bertugas akan mengontrol temperatur dan tekanan uap sehingga hasil perebusan akan sesuai dengan standar.

Identifikasi 5S pada stasiun perebusan menggunakan peta radar melalui kuisioner yang dibagikan kepada 5 orang responden. Kuisioner yang diberikan terdiri dari 25 pertanyaan dengan masing-masing bagian terdapat 5 pertanyaan. Penelitian difokuskan untuk mendapatkan usulan perbaikan dengan menggunakan metode 5S (Kaizen). Responden dapat memilih kriteria sangat baik (SB) dengan nilai 2, baik (B) dengan nilai 1, kurang baik (KB) dengan nilai -1 dan tidak baik (TB) dengan nilai -2.

3. Hasil dan Pembahasan

2.1. Seiri

Stasiun perebusan di pabrik kelapa sawit terdapat berbagai peralatan sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Peralatan yang diperlukan

No	Peralatan	Jumlah	Yang diperlukan
1	<i>Manometer</i>	4	3
2	<i>Thermometer Gauge</i>	4	3
3	<i>Butterfly valve</i>	1	1
4	<i>Check valve</i>	1	1
5	<i>Safety valve</i>	1	1
6	<i>Lori</i>	30	30
7	<i>Capstand</i>	4	3

Seiri merupakan kegiatan yang berkaitan dengan melakukan klasifikasi barang yang terdapat di tempat kerja dengan klasifikasi diperlukan atau tidak diperlukan serta menyingkirkan yang tak diperlukan. Adapun kuisioner dari pertanyaan *Seiri* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kuisioner 5S *Seiri*

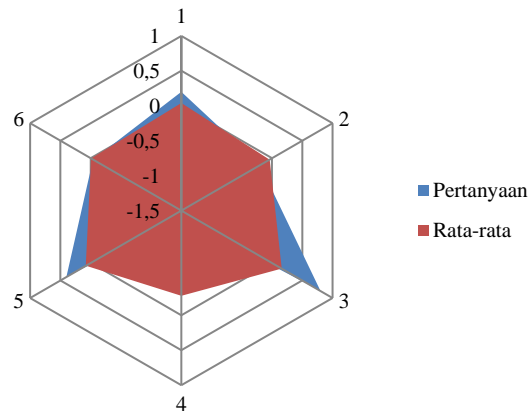
No	Pertanyaan <i>Seiri</i>	Pilihan Jawaban			
		SB	B	KB	TB
1	Bagaimana dengan cepat dapat mengenali barang/peralatan distasiun perebusan?		(3) 60%	(2) 40%	
2	Bagaimana dengan material/bahan yang tidak ada hubungannya ditempat kerja?		(2) 40%	(3) 60%	



3	Bagaimana dengan petunjuk penggunaan mesin/peralatan?	(1) 20%	(3) 60%	(1) 20%	
4	Bagaimana pengambilan Barang/ peralatan diambil dengan mudah saat diperlukan?		(3) 60%	(2) 40%	
5	Bagaimana dengan peralatan yang tidak diperlukan ditempat kerja?	(2) 40%	(1) 20%	(1) 20%	(1) 20%

Tabel 3. Hasil Of Seiri

No	Pertanyaan Seiri					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Pertanyaan	0,2	-0,2	0,8	-1,4	0,4	-0,04
Rata-rata	0,04	-0,04	0,16	-0,28	0,08	-0,008



Gambar 1. Peta radar Seiri

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa peta radar *seiri* menunjukkan pertanyaan tertinggi yaitu pertanyaan ketiga dengan nilai 0,16 dan terendah yaitu pertanyaan keempat dengan nilai -0,28. Dari masalah tersebut terlihat bahwa terdapat peralatan yang tidak digunakan berada di area kerja sehingga menyulitkan pekerja untuk mengambil peralatan yang seharusnya digunakan karena peralatan menjadi satu tempat antara peralatan yang diperlukan dengan tidak diperlukan. Perbaikan yang dilakukan untuk pemecahan masalah *seiri* pada stasiun perebusan adalah memindahkan mesin dan peralatan yang tidak beroperasi dan tidak digunakan ke tempat lain agar lokasi menjadi lebih luas. Peralatan yang rusak yaitu mesin bejana uap serta sisa kepingan Seng dan pipa yang tidak digunakan. Kegiatan pemilahan alat-alat yang sudah tidak layak dipergunakan lagi dilakukan secara rutin pada jangka waktu tertentu.

3.2. Seiton

Seiton berarti mengelompokkan barang berdasarkan penggunaannya dan menatanya secara memadai agar upaya dan waktu untuk mencari/menemukan menjadi minimum. Untuk menerapkan hal ini, semua barang harus memiliki alamat tertentu, nama tertentu, dan volume yang tertentu pula. Adapun kuisioner dari pertanyaan *seiton* ditunjukkan pada Tabel 4.



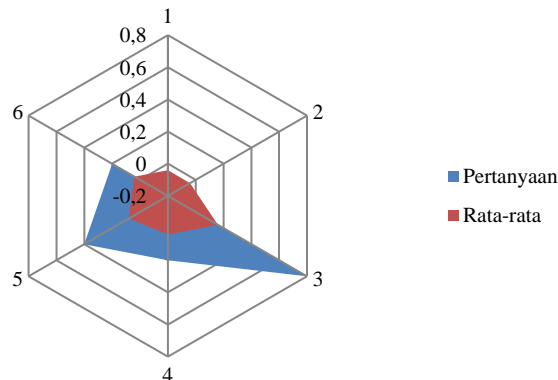
Tabel 4. Kuisioner 5S *Seiton*

No	Pertanyaan <i>Seiton</i>	Pilihan Jawaban			
		SB	B	KB	TB
1	Bagaimana dengan kecepatan pekerja mencari barang/peralatan?		(2) 40%	(3) 60%	
2	Bagaimana ketersediaan tempat khusus untuk menyimpan peralatan?		(2) 40%	(3) 60%	
3	Bagaimana dengan penggunaan peralatan yang disediakan?	(1) 20%	(3) 60%	(1) 20%	
4	Bagaimana dengan petunjuk penggunaan untuk peralatan/mesin?		(3) 60%	(2) 40%	
5	Pengambilan dan pengembalian peralatan dapat dilakukan dengan mudah	(1) 20%	(2) 40%	(2) 40%	

Dari pertanyaan yang terlihat pada Tabel 4 diperoleh perhitungan untuk memperoleh peta radar *seiton* , dan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil *Of Seiton*

No	Pertanyaan <i>Seiton</i>					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Pertanyaan	-0,2	-0,2	0,8	0,2	0,4	0,2
Rata-rata	-0,04	-0,04	0,16	0,04	0,08	0,04



Gambar 2. Peta Radar *Seiton*

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa peta radar *seiton* menunjukkan adanya pertanyaan tertinggi yaitu pertanyaan ketiga dengan nilai 0,16 dan terendah yaitu pertanyaan pertama dan kedua dengan nilai -0,04. Dari masalah tersebut terlihat bahwa kesulitan operator mencari barang/peralatan karena peralatan bercampur menjadi satu dan tidak ditempatkan sesuai fungsinya. Perbaikan yang dilakukan untuk pemecahan masalah *seiton* pada stasiun perbusan adalah,

1. Merancang tempat penyimpanan yang baik mudah mencari peralatan yang dibutuhkan. Menentukan peralatan yang dibutuhkan pada suatu area yang mudah dijangkau oleh tenaga kerja.
2. Membuat plat untuk petunjuk barang yang disimpan. Plat petunjuk ini bertujuan untuk menunjukkan kode barang yang disimpan yang terdiri atas uraian nama barang dan jumlah barang.



3. Kemudian setelah plat petunjuk dibuat maka plat tersebut ditempelkan pada barang yang disimpan.

3.3. Seiso

Seiso berarti membersihkan lingkungan kerja, termasuk di dalamnya: mesin dan alat kerja, lantai tempat kerja, dan berbagai daerah di dalam tempat kerja. Adapun kuisioner dari pertanyaan *seiso* ditunjukkan pada Tabel 6.

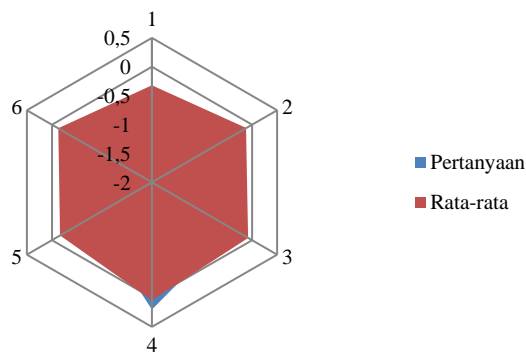
Tabel 6. Kuisioner 5S *Seiso*

No	Pertanyaan <i>Seiso</i>	Pilihan Jawaban			
		SB	B	KB	TB
1	Bagaimana dengan kebocoran oli disekitar mesin/peralatan?			(2) 40%	(3) 60%
2	Bagaimana dengan kebersihan di stasiun perebusan?		(1) 20%	(4) 80%	
3	Bagaimana dengan penanggung jawab kebersihan area kerja?		(2) 40%	(2) 40%	(1) 20%
4	Bagaimana dengan perawatan mesin bejana uap?		(3) 60%	(2) 40%	
5	Bagaimana dengan pengecekan kebersihan dan perbaikan untuk mencegah kerusakan mesin/peralatan?		(1) 20%	(3) 60%	(1) 20%

Dari pertanyaan yang terlihat pada Tabel 6 diperoleh perhitungan untuk memperoleh peta radar *seiso* , dan ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Of *Seiso*

No	Pertanyaan <i>Seiso</i>					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Pertanyaan	-1,6	-0,6	-0,4	0,2	-0,8	-0,64
Rata-rata	-0,32	-0,12	-0,08	0,04	-0,16	-0,128



Gambar 3. Peta Radar *Seiso*



Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa peta radar *seiso* menunjukkan adanya pertanyaan tertinggi yaitu pertanyaan keempat dengan nilai 0,04 dan terendah yaitu pertanyaan pertama dengan nilai -0,32. Dari masalah tersebut terlihat bahwa kondisi lingkungan kerja pada stasiun perebusan terdapat tumpahan oli yang menyebabkan lantai menjadi berwarna hitam dan licin sehingga kebersihan stasiun perebusan kurang terjaga. Perbaikan yang dilakukan untuk pemecahan masalah *seiso* pada stasiun perebusan adalah,

1. Menentukan apa yang ingin dibersihkan
Pembersihan dilakukan setiap bagian distasiun perebusan. Area yang dibersihkan mencakup Area, tempat, mesin, peralatan, persediaan, jalan/koridor , bagian pinggir/belakang
2. Menetapkan siapa yang bertanggung jawab untuk bersih-bersih
Menetapkan personal siapa yang bertanggung jawab untuk bersih-bersih di area dan bagian yang khusus (aturan dan tanggung jawab ditentukan).
3. Menentukan prosedur untuk bersih-bersih
Menentukan kapan (waktu) dan bagaimana (metode) bersih-bersih yang akan dilakukan.
4. Menyediakan peralatan untuk bersih-bersih
Menyediakan peralatan yang mudah dipergunakan.
5. Melakukan kegiatan bersih-bersih

3.4. *Seiketsu*

Seiketsu berarti tertib pribadi, seperti mengenakan pakaian yang pantas dan bersih, kaca mata pengaman , sarung tangan dan sepatu dan selalu menjaga keadaan lingkungan kerja yang bersih dan sehat. Adapun kuisisioner dari pertanyaan *seiso* ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Kuisisioner 5S *Seiketsu*

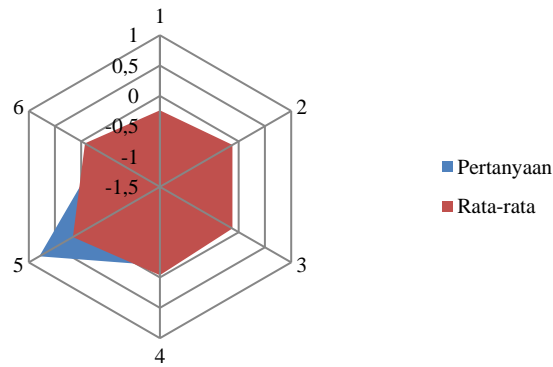
No	Pertanyaan <i>Seiketsu</i>	Pilihan Jawaban			
		SB	B	KB	TB
1	Bagaimana dengan penggunaan alat pelindung diri seperti helm, sepatu karet, sarung tangan, dan kacamata pelindung?		(1) 20%	(1) 20%	(3) 60%
2	Bagaimana dengan pemeriksaan berkala pada pekerja?		(1) 20%	(4) 80%	
3	Bagaimana dengan ketersediaan tempat penyimpanan peralatan?		(2) 40%	(1) 20%	(2) 40%
4	Bagaimana kondisi dan pemeliharaan (mesin, Peralatan dan Lingkungan) saat ini ?		(2) 40%	(3) 60%	
5	Bagaimana dengan kebersihan ditempat kerja apakah selalu dalam kondisi bersih dan rapih?	(1) 20%	(3) 60%	(1) 20%	

Dari pertanyaan yang terlihat pada Tabel 8. diperoleh perhitungan untuk memperoleh peta radar *Seiketsu* , dan ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil *Of Seiketsu*

No	Pertanyaan <i>Seiketsu</i>					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
Pertanyaan	-1,2	-0,6	-0,6	-0,2	0,8	-0,36
Rata-rata	-0,24	-0,12	-0,12	-0,04	0,16	-0,072





Gambar 4. Peta Radar *Seiketsu*

Peta radar *Seiketsu* pada Gambar 4 menunjukkan adanya pertanyaan tertinggi yaitu pertanyaan kelima dengan nilai 0,16 dan terendah yaitu pertanyaan pertama dengan nilai -0,24. Dari masalah tersebut terlihat bahwa operator tidak menggunakan alat pelindung saat bekerja sehingga dapat sering menyebabkan kecelakaan saat bekerja. Operator memakai APD pada saat sedang ada pemeriksaan saja. Perbaikan yang dapat dilakukan untuk pemecahan masalah *Seiketsu* pada stasiun perbusan adalah ,

1. Memelihara tempat kerja yang bersih dan rapi dengan mengikuti disiplin 3 S yang pertama.
2. Menggunakan alat pelindung diri seperti helm, sepatu karet, sarung tangan, dan kacamata pelindung.
3. Melakukan pemeriksaan secara berkala agar tetap berjalan dengan baik.

3.5. *Shitsuke*

Shitsuke berarti disiplin pribadi. orang yang menerapkan *seiri*, *seiton*, *seiso* , dan *seiketsu* secara terus menerus dan menjadikan kegiatan ini sebagai dalam kehidupan sehari-harinya dapat menyebut dirinya memiliki disiplin pribadi. Adapun kuisisioner dari pertanyaan *Shitsuke* ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Kuisisioner 5S *Shitsuke*

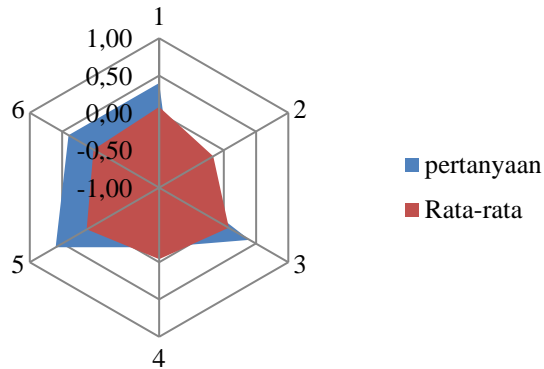
No	Pertanyaan <i>Shitsuke</i>	Pilihan Jawaban			
		SB	B	KB	TB
1	Bagaimana dengan sistem <i>shift</i> untuk kebersihan?	(1) 20%	(1) 20%	(3) 60%	
2	Bagaimana tingkat kedisiplinan karyawan saat ini ?		(1) 20%	(3) 60%	(1) 20%
3	Bagaimana dengan penerapan 5S ditempat kerja?	(1) 20%	(2) 40%	(2) 40%	
4	Bagaimana pembiasaan 5S di aktivitas sehari-hari?		(2) 40%	(3) 60%	
5	Bagaimana pembiasaan standar dan prosedur yang ditetapkan oleh perusahaan?		(4) 80%	(1) 20%	

Dari pertanyaan yang terlihat pada Tabel 10 diperoleh perhitungan untuk memperoleh peta radar *shitsuke* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 11.



Tabel 11. Hasil *Of Shitsuke*

No	Pertanyaan <i>Shitsuke</i>					Rata-Rata
	1	2	3	4	5	
1	0,40	-0,80	0,40	-0,20	0,60	0,40
Rata-rata	0,08	-0,16	0,08	-0,04	0,12	0,02



Gambar 5. Peta Radar *Shitsuke*

Peta radar *Shitsuke* pada Gambar 5 menunjukkan adanya pertanyaan tertinggi yaitu pertanyaan ke-lima dengan nilai 0,12 dan terendah yaitu pertanyaan kedua dengan nilai -0,16. Hal tersebut menampilkan bahwa pekerja masih banyak yang tidak disiplin terutama untuk kehadiran dan keterlambatan berlangsungnya proses produksi. Tidak adanya absen rutin setiap hari menyebabkan pekerja dapat datang terlambat untuk bekerja. Perbaikan yang dapat dilakukan untuk pemecahan masalah *shitsuke* pada stasiun perebusan adalah,

1. Melakukan tugas dan tenaga kerja sesuai dengan standar dan prosedur yang ditetapkan oleh perusahaan
2. Menyiapkan absen rutin sebelum bekerja dan setelah bekerja setiap hari serta membiasakan pekerja untuk mengisinya secara disiplin.
3. Membiasakan prosedur 5S dilakukan dalam aktivitas sehari-hari.
4. Membiasakan pekerja untuk disiplin dan dapat mematuhi peraturan perusahaan.
5. Membuat slogan-slogan 5S dalam perusahaan.
6. Mematuhi peraturan selama berada area produksi seperti tidak merokok, tidak makan, dan tidak minum.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa kondisi lantai produksi bagian perebusan tidak menerapkan pemilahan barang yang tidak perlu dan perlu untuk digunakan hal tersebut tidak sesuai dengan metode 5S untuk *seiri*. Hasil analisis metode *seiton* menunjukkan bahwa perusahaan belum menerapkan penempatan barang sesuai fungsinya dan tidak terdapat tempat khusus penyimpanan peralatan. Hasil analisis dengan metode *seiso* menunjukkan bahwa tidak semua pekerja menjaga kebersihan. Metode *Seiketsu* menunjukkan bahwa operator tidak memakai alat pelindung diri saat bekerja dan tidak ada pemeriksaan khusus. Metode *Shitsuke* menunjukkan bahwa operator tidak disiplin untuk kehadiran dan melanggar peraturan untuk makan minum dan merokok.



Daftar Pustaka

- Imai, M., 2000, *Gemba Kaizen*, Yayasan Toyota Astra, Jakarta.
- Ghodraty, A., 2013, *The Impact of 5S Implementation on Industrial Organizations Performance*, International Journal of Business and Management Invention
- Singh, M.D., 2015, *Process Flow Improvement through 5S, Kaizen and Visualization*, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology
- Gupta, A., 2015, *An Application Of 5s Concept to Organize The Workplace At A Small Scale Manufacturing Company*, International Journal Of Engineering Sciences & Reserch Technology
- Rai, P., 2016, *Efffectiveness Of 5s Implementation On Organizations Performance*. Abhinav International Monthly Refereed Journal of Research in *Management & Technology*
- Thakkar, P.H., 2014, *A Case Study: 5s Implementation in Ceramics Manufacturing Company*. Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management
- Hartono, G., Sutantyo, FA., 2008, Implementasi Prinsip Kerja 5S Pada Bagian Pabrikasi I Untuk Meningkatkan Efisiensi Waktu Produksi. INASEA, Vol 9, No. 2, hal. 104-113.
- Suwondo, C., 2012, Penerapan Budaya Kerja Unggulan 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, dan Shitsuke) di Indonesia, Jurnal Magister Manajemen, Vol. 1, No. 1, hal. 29-48.
- Patel, VC., Thakkar, H., 2014, *Review on Implementation of 5S in Various Organization*, International Journal of Engineering Research and Application, Vol 4, Issue , pp.774-779.



Implementasi *Lean Manufacturing* pada Proses Produksi Mono Chair di PT XYZ

Arandhika Putri Maharani^{*1}, Retno Wulan Damayanti¹, Irwan Iftadi²

¹ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jln. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126.
Telp. 0271-6322110

² Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jln. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126.
Telp. 0271-6322110
E-mail: arandhika26@gmail.com

Intisari

PT XYZ merupakan salah satu industri furniture yang ingin meningkatkan produktivitas perusahaannya. Salah satu masalah yang sedang dialami oleh PT. XYZ adalah tidak tercapainya target dalam pengiriman terhadap konsumen yang menyebabkan keterlambatan pengiriman (delay) barang ke konsumen dalam satu tahun terakhir ini. Produk yang sering mengalami keterlambatan pengiriman (delay) adalah produk Mono Chair. Berdasarkan data yang telah diperoleh, diketahui persentase keterlambatan pengiriman sebesar 62% dan 38% untuk ontime delivery. Berdasarkan pengamatan langsung dan wawancara, keterlambatan yang terjadi dikarenakan masih ditemui adanya operator yang melakukan aktivitas secara berulang. Kendala yang ditemukan tersebut dapat dikategorikan sebagai pemborosan (waste). Pemborosan yang ditemukan pada penelitian ini terdiri dari 3 jenis, yaitu motion, overprocessing, dan transportation. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan pada proses produksi kursi Mono Chair di XYZ dan memberikan usulan perbaikan untuk meminimasi pemborosan tersebut. Penelitian ini menggunakan konsep Lean Manufacturing. Dalam konsep Lean manufacturing terdapat lima tahap, yaitu define value precisely, identify the entire value stream, value creating steps flow, design and provide what the customer wants only when customer wants it, dan pursue perfection. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, penerapan konsep Lean Manufacturing dengan menggunakan tools standarisasi kerja pada PT.XYZ, mampu mengeliminasi pemborosan yang terjadi selama aktivitas proses produksi Mono Chair, serta dapat menurunkan waktu standar. Waktu standar pembuatan produk Mono Chair setelah dilakukan standarisasi kerja, total waktu standarnya lebih cepat menjadi 15036,73 detik. Oleh karena itu, total waktu standar lebih cepat 311,44 detik atau 5,2 menit.

Kata kunci: Lean Manufacturing, Delay, Standarisasi Kerja

1. Pendahuluan

Industri manufaktur merupakan salah satu sektor yang memiliki pengaruh dalam perekonomian suatu negara. Menurut Badan Pusat Statistik (2016), pertumbuhan industri manufaktur dalam skala besar dan sedang pada triwulan II 2016 tercatat mengalami kenaikan sebesar 5,54%, sedangkan industri manufaktur dalam skala mikro dan kecil pada triwulan II 2016 tercatat mengalami kenaikan sebesar 6,56% dibandingkan pada tahu sebelumnya diperiode. Dalam era globalisasi persaingan industri manufaktur sendiri semakin kompetitif. Industri furniture merupakan salah satu industri yang harus mampu berkompetisi di Indonesia.



Persaingan di industri *furniture* yang semakin kompetitif ini, menuntut perusahaan untuk saling berkompetisi untuk mendapatkan pelanggan. Perusahaan dituntut untuk memberikan pelayanan yang sesuai terhadap permintaan pelanggan. Tujuan pelayanan yang sesuai adalah membuat produk yang tepat untuk memenuhi kepuasan konsumen, menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dengan harga yang kompetitif, melakukan pengiriman produk secara *ontime delivery* atau tepat waktu yang sesuai dengan pesanan. Untuk memenuhi harapan tersebut hendaknya perusahaan melakukan perbaikan secara terus-menerus untuk meningkatkan produktivitas perusahaannya. Salah satu perusahaan yang ingin mempertahankan dan meningkatkan produktivitasnya adalah PT.XYZ.

Salah satu masalah yang sedang dialami oleh PT. XYZ adalah tidak tercapainya target dalam pengiriman terhadap konsumen yang menyebabkan keterlambatan pengiriman barang (*delay*) ke konsumen dalam satu tahun terakhir ini. Produk yang sering mengalami keterlambatan pengiriman adalah produk *Mono Chair*. Hal tersebut dikarenakan proses pengerjaan produk *Mono Chair*. Menurut data yang telah diperoleh, persentase keterlambatan pengiriman sebesar 62% dan 38% untuk *ontime delivery*. Berdasarkan pengamatan langsung dan wawancara, keterlambatan yang terjadi dikarenakan masih ditemui adanya operator yang melakukan aktivitas secara berulang. Kendala tersebut, mengakibatkan lamanya waktu proses produksi pembuatan kursi dan mengeluarkan energi yang tidak perlu. Kendala yang ditemukan tersebut dapat dikategorikan sebagai pemborosan (*waste*). Pemborosan (*waste*) berarti *non value adding activities* dalam sudut pandang pelanggan (Hines dan Taylor, 2000). Pemborosan (*waste*) adalah semua aktivitas yang tidak meningkatkan nilai tambah (*non value added*) pada proses produksi suatu produk yang dilihat dari sudut pandang konsumen (Womack dan Jones, 1996).

Berdasarkan masalah yang sedang dialami PT.XYZ dapat diselesaikan dengan menggunakan konsep *lean manufacturing*. *Lean manufacturing* atau *Toyota Production System* (TPS) telah dipelopori oleh perusahaan otomotif Jepang, yaitu Toyota sejak tahun 1950 (Muslimen et al, 2011). Tujuan dari *lean manufacturing* adalah untuk mengidentifikasi dan menghilangkan proses dan sumber daya yang tidak memberi nilai tambah pada suatu produk (Upadhye et al, 2010). *Lean manufacturing* adalah suatu pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi *waste (non value added activities)* melalui perbaikan secara terus menerus dengan mengizinkan aliran produk dengan sistem tarik (*pull system*) (Liker dan Meier, 2006). Keuntungan dari *lean manufacturing* adalah menurunkan biaya, menurunkan *lead time*, mengurangi pemborosan, meningkatkan produktivitas, menurunkan persediaan WIP, menurunkan produk yang cacat atau memperbaiki kualitas, waktu siklus lebih rendah, meningkatkan fleksibilitas, meningkatkan pendapatan, keterampilan pekerjaan, dan pemanfaatan peralatan dan ruang yang lebih baik (Kumar dan Kumar, 2012).

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan pada proses produksi kursi *Mono Chair* di XYZ dan memberikan usulan perbaikan untuk meminimasi pemborosan tersebut.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan konsep *Lean Manufacturing*. Berikut ini gambar 1 menunjukkan *flowchart* penelitian dan penjelasannya

2.1 Tahap Identifikasi Awal

Pada tahap ini dilakukan observasi awal dengan meninjau proses pembuatan *Mono Chair* dan mengetahui keadaan secara ril, studi literatur baik dari media *online* atau tertulis seperti *website*, buku, ataupun dokumen perusahaan yang berkaitan dengan permasalahan dan identifikasi masalah. Pengidentifikasian masalah dilakukan dengan cara mengidentifikasi pemborosan apa saja



yang terjadi pada proses pembuatan kursi *Mono Chair*. Pemborosan (*waste*) adalah semua aktivitas yang tidak meningkatkan nilai tambah (*non value added*) pada proses produksi suatu produk yang dilihat dari sudut pandang konsumen (Womack dan Jones, 1996). Dengan pengurangan *waste*, perusahaan akan mampu mengurangi biaya – biaya dalam proses produksi, mengurangi jumlah *work in procces* (WIP), dan meningkatkan utilisasi sumber daya, sehingga produktivitas perusahaan akan meningkat (Woehrle dan Abou, 2010). Oleh karena itu, pemborosan atau aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah harus segera dihilangkan.

2.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

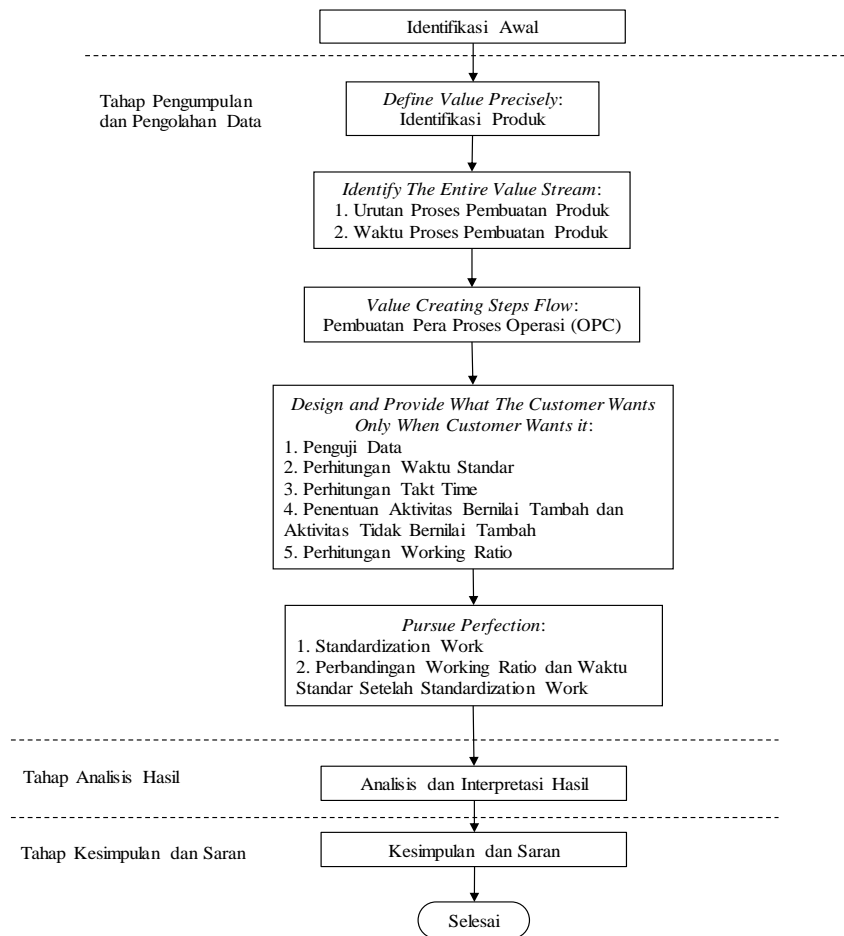
Pada tahap ini terdapat 5 tahapan dalam konsep Lean Manufacturing, yaitu:

- Pada tahap *define value precisely* data yang dibutuhkan adalah identifikasi produk. Identifikasi produk diperlukan untuk mengetahui komponen apa saja yang menjadi penyusun pembuatan kursi *Mono Chair*.
- Pada tahap *identify the entire value stream* yang dibutuhkan adalah urutan proses pembuatan kursi *Mono Chair*, serta waktu yang dibutuhkan selama proses pembuatan kursi *Mono Chair*.
- Pada tahap *value creating steps flow* ini membuat peta proses operasi *Mono Chair*. Pembuatan peta proses operasi menggambarkan urutan proses pembuatan yang dialami bahan baku dalam urutannya sejak awal hingga menjadi barang utuh atau setengah jadi.
- Pada tahap *design and provide what the customer wants only when customer wants it* dilakukan dengan melakukan pengujian data, melakukan perhitungan waktu standar, melakukan perhitungan *takt time*, melakukan penentuan aktivitas bernilai tambah dan aktivitas tidak bernilai tambah, dan melakukan perhitungan *Working Ratio*.
- Pada tahap *pursue perfection* ini adalah dengan membuat *standardization work* kemudian setelah itu melakukan perhitungan perbandingan *Working Ratio* dan waktu standar setelah *standardization work*.

2.3 Tahap Analisis Interpretasi Hasil

Pada tahapan ini dilakukan analisis hasil penelitian yang telah didapatkan dari pengolahan data. Analisis hasil penelitian ini terdiri dari analisis hasil standarisasi kerja dan analisis perbandingan hasil *working ratio* dan waktu standar.





Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini akan dijelaskan mengenai identifikasi produk, waktu proses pembuatan kursi, pembuatan peta proses operasi, pengujian data, perhitungan waktu standar, perhitungan *takt time*, penentuan aktivitas bernilai tambah dan aktivitas tidak bernilai tambah, perhitungan *working ratio* pada setiap komponen atau area, pembuatan tabel standar kerja, dan perbandingan *working ratio* dan waktu standar setelah standarisasi kerja.

3.1 Identifikasi Produk

Pada penelitian ini produk yang diteliti adalah produk *Mono Chair*. Untuk produk *Mono Chair* memiliki 3 bagian utama, yaitu bagian rangka belakang, bagian rangka depan, dan bagian rakitan rangka depan dan rangka belakang. Pada bagian rangka belakang ini terdiri dari beberapa komponen, komponen yang menjadi penyusun adalah 2 kaki belakang, 1 palang belakang dan 1 ruji sandaran. Kemudian, untuk bagian rangka depan ini terdiri dari beberapa komponen, komponen yang menjadi penyusun adalah 2 kaki depan, 1 palang depan, 2 palang dudukan pendek, dan 1 palang dudukan panjang. Dan untuk bagian menggabungkan rangka belakang dan rangka depan, komponen yang menjadi penyusun adalah 2 palang samping dan 2 siku-siku.

3.2 Waktu Proses Pembuatan

Untuk proses pembuatan kursi *mono chair* terdiri dari beberapa komponen, yaitu kaki belakang, kaki depan, palang samping, palang depan, palang belakang, palang dudukan panjang,



palang dudukan pendek, ruji sandaran, dudukan, siku. Pada tabel 1 diperoleh bahwa waktu proses pembuatan satu unit *Mono Chair* adalah 8069,75 detik atau 2,24 jam, dimana diketahui bahwa waktu tersingkat untuk memproduksi satu unit *Mono Chair* terjadi pada komponen palang belakang pada proses potong yaitu selama 6,67 detik dan waktu terlama terjadi pada area *finishing* pada proses *spray* pewarna yaitu selama 957,8 detik. Berikut ini waktu proses dari masing-masing komponen dan area dapat disajikan pada tabel 1 berikut:

Tabel 1 Waktu Operasi Pembuatan Satu Unit Mono Chair

No	Komponen / area	Stasiun Kerja	Waktu Proses (detik)	Waktu Standar (detik)
1	Kaki Belakang	Moulding	32.90	42.00
2		Potong 1	22.13	27.45
3		Spindel	52.00	71.10
4		Potong 2	22.57	27.99
5		Mourtis	53.03	69.42
6		Bor	59.47	75.14
7		Router	55.40	76.37
8	Kaki Depan	Moulding	20.50	26.17
9		Potong	21.67	26.87
10		Mourtis	30.90	40.45
11		Router	36.60	50.46
12	Palang Samping	Moulding	18.70	23.87
13		Potong	12.33	15.56
14		Tenon	49.60	64.93
15		Bor	18.73	24.74
16		Bor Purus	23.43	29.06
17		Amplas Roll	60.40	77.73
18	Palang Depan	Moulding	10.07	12.85
19		Potong	7.50	9.46
20		Tenon	26.57	34.78
21		Spindel	14.07	19.23
22		Bor	35.37	45.93
23	Palang Belakang	Amplas Roll	21.70	27.93
24		Moulding	10.87	13.87
25		Potong	6.67	8.41
26		Tenon	25.47	33.34
27	Palang Dudukan Panjang	Amplas Roll	10.77	13.86
28		Moulding	11.00	14.04
29		Potong	8.08	10.20
30		Tenon	26.57	34.78
31		Spindel	19.27	26.34
32		Mourtis	20.57	26.92
33		Bor	27.17	35.28
34		Amplas Roll	17.77	22.87



Tabel 2 Waktu Operasi Pembuatan Satu Unit Mono Chair (Lanjutan)

No	Komponen / area	Stasiun Kerja	Waktu Proses (detik)	Waktu Standar (detik)
35	Palang Dudukan Pendek	Moulding	15.20	19.40
36		Potong	11.00	13.88
37		Tenon	46.53	60.91
38		Bor	15.40	20.34
39		Amplas Roll	27.13	34.92
40	Ruji Sandaran	Moulding	26.57	33.91
41		Potong	26.53	33.47
42		Spindel	56.07	76.66
43		Laminasi	244.90	309.46
44		Strekel	11.10	14.66
45		Amplas Gerinda	122.77	150.82
46	Dudukan	Amplas Sander Tank	41.90	51.47
47		Moulding	36.07	46.04
48		Potong	40.33	50.88
49		Spindel	151.93	207.74
50		Laminasi	255.73	323.14
51		Strekel	20.90	27.61
52		Amplas Gerinda	178.00	218.67
53	Siku	Amplas Sander Tank	54.23	66.63
54		Moulding	8.90	11.36
55		Potong	22.60	28.51
56		Bor	25.70	32.42
57	Assembly	Amplas Roll	18.90	23.88
58		Rangka Belakang	122.03	155.52
59		Rangka Depan	128.70	173.13
60	Finishing	Assembly (1) & (2)	175.33	235.86
61		Amplas Kursi	917.67	1170.30
62		Dudukan	55.97	67.45
63		Pengobatan	364.47	452.01
64		Amplas Sander Obat	301.93	353.26
65		Pendempulan	106.07	137.75
66		Amplas 1	405.60	488.79
67		Amplas Tangan 1	443.73	479.68
68		Spray Sanding	126.33	164.07
69		Amplas 2	389.03	468.82
70		Amplas Tangan 2	255.97	288.47
71		Spray Pewarna	957.80	1275.79
72		Amplas Tangan 1	189.03	230.02
73		Setting Warna	213.37	276.52
74		Amplas Tangan 2	133.50	157.76
75	Packing	Top Cut	212.53	275.44
76		Amplas Tangan 3	28.60	33.80
77		Packing Wrap	82.43	102.88
78		Packing Karton	41.57	51.38
79	TOTAL WAKTU (detik)		8069.75	10143.72

3.3 Pembuatan Peta Proses Operasi

Peta – peta kerja merupakan suatu alat yang menggambarkan kegiatan kerja secara sistematis dan jelas (Sutalaksana et al, 2006). Pada penelitian ini menggunakan salah satu jenis peta kerja keseluruhan, yaitu peta proses operasi (OPC). Berdasarkan hasil pembuatan peta proses operasi *mono chair*, dapat diketahui jumlah kegiatan untuk proses operasi sebanyak 87 yang menghasilkan waktu proses sebesar 7643,4 detik. Kemudian, untuk jumlah kegiatan proses inspeksi sebanyak 27 yang menghasilkan waktu inspeksi sebesar 354 detik. Terakhir, untuk kegiatan operasi dan inspeksi dapat diperoleh sebanyak 6 dan menghasilkan waktu sebesar 591 detik. Oleh karena itu, dapat didapatkan total waktu pada peta proses operasi *mono chair* adalah sebanyak 120 dengan total waktu 8588,4 detik atau 143,14 menit.



3.4 Pengujian Data

Setelah didapatkan waktu proses pada masing-masing komponen, kemudian dilakukan pengujian data yaitu dengan melakukan uji kecukupan dan keseragaman data. Berdasarkan hasil yang telah dilakukan, bahwa data yang telah diambil telah mencukupi dan telah seragam.

3.5 Perhitungan Waktu Standar

Menurut Rachman (2013), penyesuaian adalah proses dimana analisa pengukuran waktu membandingkan penampilan operator (kecepatan atau tempo) dalam pengamatan dengan konsep pengukur sendiri tentang bekerja secara wajar. Penelitian ini menggunakan salah satu cara untuk menentukan faktor penyesuaian adalah dengan cara *Westinghouse*. Kemudian, untuk kelonggaran dengan menggunakan tabel ILO. Pada tabel 1 yang telah dipaparkan diatas merupakan hasil waktu standar pada masing-masing komponen atau area.

3.6 Perhitungan Takt Time Lini Produksi

Pada PT.XYZ untuk produk *Mono Chair* hanya tersedia 1 *shift* dengan waktu bekerja 8 jam (480 menit), sedangkan total waktu istirahat adalah 60 menit. Oleh karena itu terdapat 1 *shift*, waktu kerja yang tersedia sebesar 420 menit.

Waktu yang tersedia untuk produksi *mono chair* = 24 hari = 10.080 menit

Jumlah permintaan = 350 kursi *mono chair*

Takt Time = Waktu kerja yang tersedia / Jumlah permintaan

Takt Time = 10.080 menit / 350 kursi

Takt Time = 28,8 menit/kursi

Takt Time = 15 kursi/hari

3.7 Penentuan Aktivitas Bernilai Tambah dan Aktivitas Tidak Bernilai Tambah

Penentuan aktivitas digunakan untuk mengkategorikan aktivitas menjadi 3 kategori, yaitu *Value Adding Activity* (VA), *Necessary Non Value Adding Activity* (NNVA), dan *Non Value Adding Activity* (NVA). Penentuan kategori aktivitas dilakukan setiap komponen dan area pada produk *Mono Chair*. Berikut ini salah satu penentuan aktivitas pada komponen kaki belakang *Mono Chair* ditunjukkan pada tabel 3.

Pada tabel 3 dapat diketahui bahwa total waktu aktivitas pada komponen kaki belakang *mono chair* dalam satu kali proses adalah 872,59 detik, dimana terdapat 9 aktivitas VA dengan total waktu 389,47 detik, 16 aktivitas NNVA dengan total waktu 445,86 detik, dan 3 aktivitas NVA dengan total waktu 37,26 detik. Tabel 4.7 menunjukkan penentuan aktivitas VA, NNVA dan NVA kaki belakang *mono chair*.

Setelah melakukan penentuan aktivitas VA, NNVA, dan NVA pada produk *Mono Chair* pada setiap kompoen atau area, pada tabel 4 akan dipaparkan hasil rekapitulasi jenis *waste* yang telah dikategorikan untuk dilakukan eliminasi NVA atau NNVA dan adapula perbaikan lainnya. Pada tabel 4 merupakan hasil rekapitulasi jenis *waste* pada produk *Mono Chair*.



Tabel 3 Penentuan Aktivitas VA, NNVA, dan NVA Kaki Belakang

No	Komponen/area	Aktivitas	Waktu Standart (detik)	Kategori
1	Kaki Belakang	Unloading	19.15	NNVA
2		Moving kaki belakang ke mesin moulding	22.97	NNVA
3		Mengambil stick	18.63	NNVA
4		Menata stick	24.84	NNVA
5		Proses moulding	42.00	VA
6		Menata kayu	12.42	NVA
7		Moving kaki belakang ke mesin pemotongan	16.59	NNVA
8		Mengukur dan Inspeksi kaki belakang yang telah di moulding	31.05	NNVA
9		Proses pemotongan 1 kaki belakang	27.45	VA
10		Moving kaki belakang ke mesin spindel	19.15	NNVA
11		Proses pembengkokkan dengan menggunakan mesin spindel	71.10	VA
12		Menata kayu	12.42	NVA
13		Moving kaki belakang ke mesin pemotongan	19.15	NNVA
14		Proses pemotongan 2 kaki belakang	27.99	VA
15		Moving kaki belakang ke mesin mourtis	20.42	NNVA
16		Proses pembuatan mourtis lubang 1	35.21	VA
17		Proses pembuatan mourtis lubang 2	34.21	VA
18		Mengambil stick	18.63	NNVA
19		Memindahkan kayu	6.21	NNVA
20		Menata stick	24.84	NNVA
21		Menata kayu	12.42	NVA
22		Moving kaki belakang ke mesin bor	134.03	NNVA
23		Proses pembuatan lubang atas 1 kaki belakang	31.08	VA
24		Proses pembuatan lubang tengah 2 kaki belakang	44.06	VA
25		Moving kaki belakang ke mesin router	12.76	NNVA
26		Proses pembuatan membentuk pada kaki belakang	76.37	VA
27		Moving kaki belakang ke perakitan	31.91	NNVA
28		Setting kayu dan inspeksi kaki belakang yang akan dirakit	25.53	NNVA
Total Waktu (detik)			872.59	



Tabel 4 Rekapitulasi Jenis Waste Produk Mono Chair

Komponen/area	Jenis Waste	No	Aktivitas	Komponen/area	Jenis Waste	No	Aktivitas
Kaki Belakang	Motion	3	Mengambil stick	Palang Dudukan Panjang	Motion	124	Mengambil stick
		4	Menata stick			125	Menata stick
		6	Menata kayu			128	Menata kayu
		12	Menata kayu			138	Mengambil stick
		18	Mengambil stick			140	Menata stick
		20	Menata stick			141	Menata kayu
		21	Menata kayu			Overprocessing	130
13	Moving kaki belakang ke mesin pemotongan	151	Mengambil stick				
Kaki Depan	Overprocessing	9	Proses pemotongan 1 kaki belakang	Palang Dudukan Pendek	Motion	152	Menata stick
		14	Proses pemotongan 2 kaki belakang			155	Menata kayu
	Motion	32	Mengambil stick			161	Mengambil stick
		33	Menata stick			163	Menata stick
		36	Menata kayu			164	Menata kayu
		42	Mengambil stick		Overprocessing	154	Inspeksi palang dudukan pendek
		44	Menata stick			174	Mengambil stick
Overprocessing	45	Menata kayu	Ruji Sandaran	Motion	175	Menata stick	
	36	Inspeksi kaki pendek			178	Menata kayu	
Palang Samping	Motion	53			Mengambil stick	184	Mengambil stick
		54			Menata stick	186	Menata stick
		57		Menata kayu	Overprocessing	180	Inspeksi ruji sandaran
		67	Mengambil stick	201		Mengambil stick	
		69	Menata stick	202	Menata stick		
		70	Menata kayu	205	Menata kayu		
	Overprocessing	59	Inspeksi palang samping	211	Mengambil stick		
Palang Depan		Motion	78	Mengambil stick	213	Menata stick	
	79		Menata stick	Overprocessing	207	Inspeksi dudukan	
	82		Menata kayu		228	Mengambil stick	
	92		Mengambil stick	Motion	229	Menata stick	
	94		Menata stick		232	Menata kayu	
	95		Menata kayu	Overprocessing	234	Inspeksi siku-siku	
	84	Inspeksi palang depan	Finishing		Transportasi	285	Moving Mono Chair ke amplas tangan 2
Palang Belakang	Motion	103		Mengambil stick		287	Moving Mono Chair ke Top Cut
		104		Menata stick	Motion	293	Mengambil kertas wrap
		107		Menata kayu		294	Mengambil isolasi
		113		Mengambil stick		296	Mengambil kertas karton
		115	Menata stick	298		Mengambil kardus	
		116	Menata kayu	299		Mengambil Isolasi	
	Overprocessing	109	Inspeksi palang belakang	Packing			

3.8 Perhitungan Working Ratio Pada Setiap Komponen atau Area

Perhitungan *working ratio* digunakan untuk mengetahui besarnya nilai aktivitas operator yang digolongkan dalam 3 jenis aktivitas, yaitu *value adding activity* (VA), *necessary non value adding activity* (NNVA), dan *non value adding activity* (NVA). Berikut ini tabel 5 menunjukkan hasil rekapitulasi *working ratio* Mono Chair.

Tabel 5 Working Ratio Mono Chair

No	Komponen / Area	Working Ratio		
		VA	NNVA	NVA
1	Kaki Belakang	0.45	0.51	0.04
2	Kaki Depan	0.27	0.67	0.07
3	Palang Samping	0.35	0.60	0.05
4	Palang Depan	0.26	0.71	0.03
5	Palang Belakang	0.16	0.79	0.04
6	Palang Dudukan Panjang	0.30	0.67	0.03
7	Palang Dudukan Pendek	0.27	0.68	0.05
8	Ruji Sandaran	0.54	0.43	0.02
9	Dudukan	0.60	0.38	0.02
10	Siku	0.22	0.73	0.04
11	Perakitan	0.92	0.08	-
12	Finishing	0.906	0.091	0.002
13	Packing	0.76	0.24	-



3.9 Pembuatan Tabel Standar Kerja

Setelah dilakukan perhitungan *working ratio* untuk produk *Mono Chair*, maka selanjutnya dibuat tabel standar kerja untuk menunjukkan hasil dari eliminasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non value adding activity*). Dengan pembuatan tabel standar kerja akan terdapat perubahan aktivitas yang terjadi pada produk *Mono Chair*. Pada komponen kaki belakang yang semula memiliki 28 aktivitas, kini hanya memiliki 21 aktivitas. Perubahan aktivitas terjadi karena menggabungkan aktivitas mengambil dan menata stick, kemudian menggabungkan aktivitas pemotongan 1 dan pemotongan 2 menjadi satu aktivitas sehingga aktivitas *moving* ke pemotongan dapat dihilangkan, kemudian menghilangkan aktivitas menata kayu. Berikut tabel 6 menunjukkan tabel standar kerja kaki belakang *Mono Chair*.

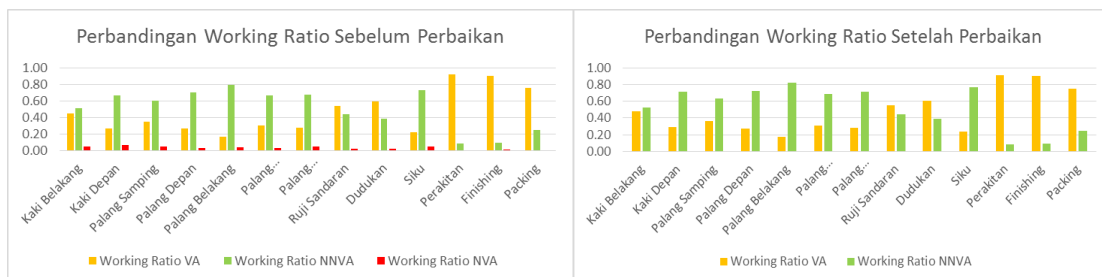
Tabel 6 Tabel Standar Kerja Kaki Belakang Mono Chair

No	Komponen / area	Aktivitas	Waktu Standart (detik)
1	Kaki Belakang	Unloading	19.15
2		Moving kaki belakang ke mesin moulding	22.97
3		Mengambil dan menata stick	43.47
4		Proses moulding	42.00
5		Moving kaki belakang ke mesin pemotongan	16.59
6		Mengukur dan Inspeksi kaki belakang yang telah di moulding	31.05
7		Proses pemotongan kaki belakang	55.44
8		Moving kaki belakang ke mesin spindel	19.15
9		Proses pembengkokkan dengan menggunakan mesin spindel	71.10
10		Moving kaki belakang ke mesin mourtis	20.42
11		Proses pembuatan mourtis lubang 1	35.21
12		Proses pembuatan mourtis lubang 2	34.21
13		Mengambil dan menata stick	43.47
14		Memindahkan kayu	6.21
15		Moving kaki belakang ke mesin bor	134.03
16		Proses pembuatan lubang atas 1 kaki belakang	31.08
17		Proses pembuatan lubang tengah 2 kaki belakang	44.06
18		Moving kaki belakang ke mesin router	12.76
19		Proses pembuatan membentuk pada kaki belakang	76.37
20		Moving kaki belakang ke perakitan	31.91
21		Setting kayu dan inspeksi kaki belakang yang akan dirakit	25.53
Total Waktu (detik)			816.18

3.10 Perbandingan Working Ratio dan Waktu Standar Setelah Standarisasi Kerja

a. Perbandingan Working Ratio

Untuk produk *Mono Chair* ratio aktivitas *value added* (VA) meningkat menjadi 0,47, ratio rata-rata aktivitas *necessary non value added* (NNVA) menjadi 0,53, dan aktivitas *non value added* (NVA) berhasil dihilangkan seluruhnya sehingga nilai ratio menjadi nol. Tabel 7 menunjukkan rekapitulasi perbandingan working ratio sebelum dan setelah standarisasi kerja.



Gambar 1 Rekapitulasi Perbandingan Working Ratio Sebelum dan Sesudah Standarisasi Kerja



b. Perbandingan Waktu Standar

Perbaikan yang dilakukan di lintasan produksi membuat proses produksi lebih cepat karena hilangnya aktivitas-aktivitas yang termasuk dalam pemborosan. Untuk produk *Mono Chair*, sebelum perbaikan total waktu standarnya sebesar 15348,17 detik, setelah dilakukan standarisasi kerja, total waktu standarnya lebih cepat menjadi 15036,73 detik. Oleh karena itu, total waktu standar lebih cepat 311,44 detik atau 5,2 menit. Berikut ini perbandingan tabel 8 perbandingan waktu standar *Mono Chair* sebelum standarisasi kerja dan setelah standarisasi kerja.

Tabel 7 Rekapitulasi Perbandingan Waktu Standar Sebelum dan Sesudah Standarisasi Kerja

No	Komponen	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
		Total Waktu Standar (detik)	Total Waktu Standar (detik)
1	Kaki Belakang	872.59	816.18
2	Kaki Depan	537.49	501.47
3	Palang Samping	677.05	644.75
4	Palang Depan	570.95	553.56
5	Palang Belakang	422.81	405.42
6	Palang Dudukan Panjang	563.62	546.23
7	Palang Dudukan Pendek	550.36	523.03
8	Ruji Sandaran	1234.18	1206.86
9	Dudukan	1579.79	1542.53
10	Siku	430.05	411.42
11	Perakitan	614.26	614.26
12	Finishing	6973.13	6957.82
13	Packing	321.89	313.20
TOTAL		15348.17	15036.73

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Terdapat tiga jenis pemborosan yang terjadi selama proses produksi *Mono Chair* adalah *motion* (gerakan) sebesar 81%, kemudian untuk *overprocessing* (proses yang berlebih) sebesar 15%, dan untuk yang terakhir adalah *transportation* (transportasi) sebesar 4%.
- Untuk produk *Mono Chair* ratio aktivitas *value added* (VA) meningkat menjadi 0,47, ratio rata-rata aktivitas *necessary non value added* (NNVA) menjadi 0,53, dan aktivitas *non value added* (NVA) berhasil dihilangkan seluruhnya sehingga nilai ratio menjadi nol.
- Dari hasil perbaikan yang dilakukan di lintasan produksi membuat proses produksi menjadi lebih cepat karena hilangnya aktivitas-aktivitas yang termasuk dalam pemborosan. Untuk produk *Mono Chair*, sebelum perbaikan total waktu standarnya sebesar 15348,17 detik, setelah dilakukan standarisasi kerja, total waktu standarnya lebih cepat menjadi 15036,73 detik. Oleh karena itu, total waktu standar lebih cepat 311,44 detik atau 5,2 menit.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik., 2016, Pertumbuhan Produksi IBS Naik 5,54 Persen dan IMK Naik 6,56 Persen pada Triwulan II-2016 dari Triwulan II-2015, akses online 6 Juni 2017, URL: <https://www.bps.go.id/Brs/view/id/1261>.
- Hines, P., dan Taylor, D., 2000, *Going Lean*, USA: Lean Enterprise Research Center Cardiff Bussiness School
- Kumar, R., dan Kumar, V., 2012, Lean Manufacturing: Elements and its Benefits for Manufacturing Industry, *Proceedings of the National Conference on Trends and Advances in Mechanical Engineering*, pp. 748-755.
- Liker, J., K., dan Meier, D., 2006, *The Toyota Way Fieldbook*, McGraw-Hill, New York.
- Muslimen, R., Yusof, S.M., dan Abidin, A.S.Z., 2011, Lean Manufacturing Implementation in Malaysian Automotive Components Manufacturer: a Case Study, *Proceedings of the World Congress on Engineering*, Vol. 1 pp. 1-5.



- Rachman, T., 2013, Penggunaan Metode Work Sampling untuk Menghitung Waktu Baku dan Kapasitas Produksi Karungan Soap Chip di PT. SA, *Jurnal Inovisi*, Vol. 9 pp. 48-60.
- Sutalaksana, I.Z., Anggawisastra, R., dan Tjakraatmadja, J.H., 2006, *Teknik Tata Cara Kerja*, Bandung : JTI ITB.
- Upadhye, N., Deshmukh, S.G., dan Garg, S., 2010, Lean Manufacturing for Sustainable Development, *International Journal of Global Business and Management Research*, Vol. 2 pp. 125-137.
- Woehrle, S., L., and Abou-Shady, L., 2010, Using Dynamic Value Stream Mapping And Lean Accounting Box Scores To Support Lean Implementation, *American Journal of Business Education*, Vol. 3 pp. 67-76.
- Womack, J., dan Jones, D., 2003, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Edition Revised and Updated., NY : Free Press.



Usulan Pengembangan Strategi Penilaian Produk Berbasis AHP dan QFD

Argaditia Mawadati, M. Arif Wibisono

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telp. (0274)521673
E-mail: mawadatia@gmail.com

Intisari

Salah satu strategi yang paling berpengaruh terhadap minat beli pengunjung minimarket adalah penataan layout dan produk di rak. Penelitian menunjukkan bahwa penyimpangan penataan di rak masih sering terjadi. Jika kesalahan penataan terjadi pada produk yang ternyata memiliki nilai profit tinggi, tentu akan mempengaruhi pendapatan toko dan tingkat kelengkapan produk yang merupakan faktor penentu keramaian pengunjung. Penelitian ini ditujukan untuk mencari tau hal-hal apa saja yang menjadi faktor penentu seseorang memutuskan membeli produk tertentu yang ada di minimarket. Dan faktor-faktor apa saja yang membuat sebuah produk dapat dikatakan memiliki performansi bagus dari sudut pandang penjual. Metode yang digunakan untuk menilai performansi adalah dengan KPI. Variabel dan bobot KPI dibuat berdasarkan penyebaran kuesioner terhadap empat stakeholder yang dipertimbangkan keinginannya, yakni pembeli, pemilik toko, kasir, dan sales. Hasil kuesioner berupa keinginan stakeholder ini kemudian dihitung bobotnya dengan AHP dan diolah dengan QFD sehingga menghasilkan list KPI beserta bobotnya. Dari KPI ini kemudian dapat dilakukan penilaian terhadap performansi produk saat ini. Strategi perbaikan dilakukan melalui benchmarking terhadap penataan yang dilakukan di Indomaret dan Alfamart, yang telah terbukti memiliki brand yang melekat di masyarakat. Hasil menunjukkan terdapat 16 elemen KPI yang mewakili keinginan stakeholder mengenai kriteria produk dan penataannya yang mampu menarik minat beli pengunjung. Berdasar benchmarking kemudian didapat daftar strategi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan layout dan minat beli pengunjung.

Kata Kunci: KPI, Performansi Minimarket, AHP, QFD, Benchmarking

1. Pendahuluan

Jumlah minimarket baik yang berjenis waralaba maupun non waralaba terus bertambah baik di lingkungan perkotaan maupun pedesaan dari tahun ke tahun. Hal ini tentunya berdampak pada persaingan untuk merebut konsumen. Masing-masing minimarket kemudian berlomba mengatur strategi untuk menarik konsumen datang dan berbelanja di toko nya, terutama bagi pemilik minimarket non waralaba yang harus memikirkan sendiri segala manajemen dan strategi penjualan untuk bersaing dengan minimarket waralaba yang bisa dikatakan makin menjamur jumlahnya dimana-mana. Salah satu strategi yang paling mendasar yang dapat dilakukan adalah penataan layout minimarket dan produk di rak serapi dan semenarik mungkin. Akan tetapi strategi ini akan menjadi percuma jika dalam pelaksanaannya tidak mengikuti tatanan strategi yang sudah ditetapkan. Penelitian menunjukkan bahwa penyimpangan penataan masih sering terjadi antara 5% sampai 10% (Metzger, 2008). Penyimpangan ini dapat berupa salah menaruh produk, *out of stock*, *facing* produk terbalik dan lain-lain. Penelitian menunjukkan bahwa ketika konsumen tidak menemukan produk yang mereka inginkan 31% akan memilih membeli di toko lain, 22% membeli produk sejenis dari merk lain, dan 11% memilih tidak jadi membeli sama sekali (Gruen et al, 2002).



Jika kesalahan penataan ini terjadi pada produk yang ternyata memiliki nilai profit tinggi, tentu akan mempengaruhi pendapatan toko. Padahal mungkin barang tersebut ada di salah satu rak namun label nama nya berada di rak lain. Sehingga konsumen berfikir bahwa di toko tersebut produk yang dicari sedang habis stok nya atau malah berpikir bahwa produk yang dijual di minimarket tersebut tidak lengkap. Karenanya dibutuhkan metode untuk mengoptimalkan *layout* minimarket agar dapat menarik pengunjung untuk membeli.

Untuk dapat mengoptimalkan layout terlebih dahulu kita harus mengetahui standar layout optimal seperti apa. Pada penelitian ini layout dikatakan maksimal apabila dapat menarik minat pembeli atau perputaran produknya cepat. Dan untuk mengetahui apakah layout yang sudah ada telah dapat menarik minat pembeli dibutuhkan penilaian performansi. Sehingga performansi produk yang dimaksud disini adalah seberapa baik efek yang diberikan dari produk serta penataannya yang diterapkan sekarang ini terhadap minat beli pengunjung.

Untuk mengetahui seberapa baik efek yang diberikan dari produk serta penataannya terhadap minat beli pengunjung tentunya kita perlu mengetahui indikator kesuksesannya, dalam penilaian performansi faktor-faktor ini biasa disebut *Key performance Index (KPI)* atau disebut juga dengan *Key Success Indicator (KSI)*. KPI merupakan suatu set ukuran kuantitatif yang digunakan perusahaan atau industri untuk mengukur atau membandingkan kinerja dalam hal memenuhi tujuan strategis dan operasional mereka. Karena tujuan penilaian performansi ini untuk mengetahui apakah *layout* dan *shelving* produk yang diterapkan telah dapat menarik minat beli pembeli, maka untuk mendapatkan KPI kita perlu mencari tahu faktor-faktor apa saja yang menjadi penentu minat beli pembeli terhadap produk-produk yang dijual di minimarket.

Untuk dapat mengetahui faktor-faktor penentu minat beli terhadap produk-produk yang dijual di minimarket, tentunya kita perlu bertanya pada pihak-pihak yang berhubungan langsung dalam proses jual beli khususnya di minimarket. Salah satu pihak yang sudah pasti harus dilibatkan tentunya adalah pembeli. Selain itu karyawan atau kasir juga dapat dimintai pendapatnya, karena mereka adalah pihak yang setiap harinya melayani penjualan tentunya mereka menjadi paham produk mana saja banyak dibeli dan strategi penataannya. Sales sebagai pihak yang biasa menawari dan melakukan pemasokan produk juga dapat dilibatkan, karena mereka juga tentunya juga paham produk-produk laris dan beberapa merk bahkan memiliki strategi standar penataan produknya guna menarik minat beli. Terakhir, pemilik minimarket juga perlu dilibatkan untuk merumuskan standar kesuksesan performansi atau KPI karena sebagai pemilik mereka tentunya memiliki standar sendiri mengenai produk-produk apa yang dapat dikatakan baik terutama dalam hal meningkatkan pendapatan. Maka keempat pihak inilah yang kemudian akan dilibatkan untuk menentukan KPI penilaian produk dan penataannya.

Penentuan KPI dilakukan melalui survey terhadap keempat pihak atau stakeholder yang telah diuraikan sebelumnya. Survey dilakukan untuk menanyakan hal-hal apa saja sekiranya dapat mempengaruhi minat beli suatu produk dan penataan produk seperti apa yang mampu meningkatkan minat beli mereka pada minimarket tersebut.

Setelah didapatkan metode penilaian performansi produk dan penataannya pada minimarket, diharapkan pihak minimarket dapat menghitung performansi dan mengetahui produk-produk mana saja yang kurang baik performansinya. Dalam perhitungan performansi karena jumlah produk yang harus dinilai sangat banyak maka untuk mempermudah penilaian dapat dilakukan per rak atau per kategori jika penataan produk telah ditata per rak. Dari hasil perhitungan tersebut kemudian dapat dibuat strategi yang dapat mengoptimalkan minat beli.

Untuk menentukan strategi peletakan rak-rak ini tentunya tidak mudah. Dibutuhkan banyak *trial and error* untuk melihat strategi mana yang paling optimal. Bagi minimarket non waralaba apalagi yang skalanya tidak besar hal ini tentu dirasa berat untuk dilakukan. Tidak hanya dibutuhkan dana yang besar namun juga waktu dan tenaga. Padahal untuk minimarket non waralaba yang berukuran tidak terlalu besar jumlah pegawainya tidak banyak. Dan akan terlalu repot jika harus berkali-kali menjalankan perubahan *lay out*. Namun terdapat suatu metode yang memungkinkan kita untuk mereduksi banyaknya *trial and error* ini, metode ini disebut

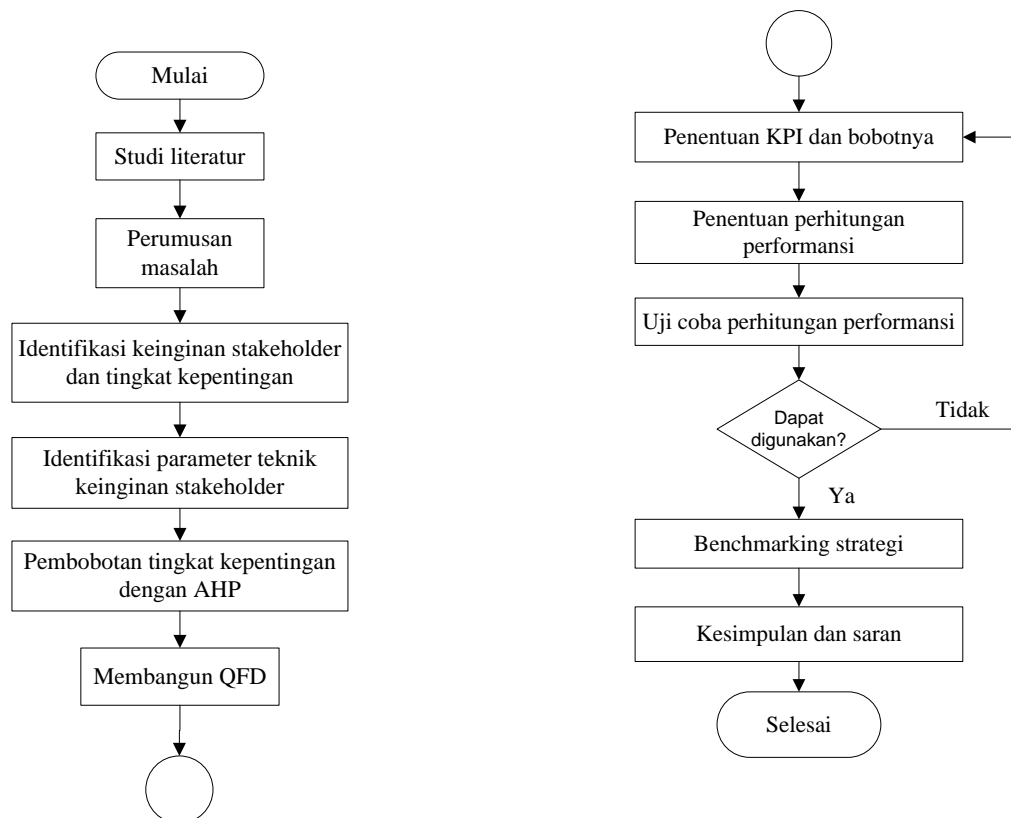


benchmarking. Pada penelitian ini *benchmarking* dilakukan untuk menentukan strategi perbaikan *layout* dan *shelving*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan metode penilaian performansi produk dengan kriteria utama mampu menarik minat pembeli, untuk kemudian dapat dirumuskan strategi perbaikan *layout* dan penataan rak agar dapat meningkatkan minat beli pengunjung.

2. Metodologi

Objek penelitian ini adalah stakeholder pada minimarket non waralaba yang ada di Yogyakarta. Stakeholder terdiri dari pemilik, kasir, pengunjung, dan sales. Sedangkan minimarket non waralaba yang dimaksud adalah toko berkonsep minimarket yang menjual kebutuhan sehari-hari yang bukan milik *brand* ternama. Garis besar tahapan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Metodologi Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Identifikasi Keinginan Stakeholder

Keinginan stakeholder diperoleh melalui wawancara langsung dan penyebaran kuesioner. Kuesioner pembeli ditujukan kepada masyarakat yang pernah atau sering membeli kebutuhan harian di minimarket. Kuesioner pemilik minimarket dan pekerja minimarket ditujukan kepada pemilik dan pekerja atau kasir di beberapa minimarket yang terdapat di Yogyakarta. Sedangkan kuesioner pemasok produk ditujukan kepada para sales yang biasa bekerjasama dengan minimarket-minimarket di Yogyakarta. Kuesioner dibagikan dalam dua tahap, tahap pertama untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang diinginkan terkait produk-produk yang dijual di minimarket dan yang dapat menarik minat beli pengunjung minimarket. Kuesioner tahap kedua



dibagikan berupa perbandingan berpasangan dari faktor-faktor yang telah didapatkan dari kuesioner tahap pertama. Daftar keinginan *stakeholder* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Daftar Keinginan *Stakeholder*

Stakeholder	No	Keinginan Stakeholder
pemilik	1	Volume penjualan yang bagus
	2	Margin yang besar
	3	Harga beli yang murah
	4	Kualitas barang yang baik
	5	Perputaran produk yang cepat
pekerja	1	Penataan barang berdasarkan kategori
	2	Lokasi produk pada rak
	3	Adanya label harga
	4	Sapaan selamat datang dan penyampaian informasi mengenai diskon atau promo
	5	Keramahan karyawan
	6	Kebersihan minimarket
	7	Adanya diskon atau promo
	8	Kelengkapan produk yang dijual
	9	Harga jual produk yang bersaing dibanding minimarket lain
sales	1	Lokasi produk pada rak
	2	Penataan produk pada display
	3	Harga barang
	4	Diskon atau promo
	5	Kualitas produk
	6	Iklan atau strategi pemasaran
Pembeli	1	Ketersediaan label harga
	2	Keakuratan label harga yang terpasang di rak dengan harga di kasir
	3	Penataan barang yang rapi
	4	Ketersediaan stok barang di rak
	5	Expired date
	6	Expired date barang
	7	Diskon atau harga promo
	8	Keramahan pekerja
	9	Kebersihan toko

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah jumlah sampel kuesioner yang didapat telah mewakili populasi. Pada penelitian ini jumlah populasinya tidak diketahui, maka jumlah sampel minimal yang harus didapat dihitung dengan rumus Slovin

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q}{d^2} = \frac{1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{0,05^2} = 384,16 \quad (1)$$

Dimana: n = jumlah sampel minimal

$Z_{\alpha/2}$ = Nilai yang didapat dari tabel normal atas tingkat keyakinan



- p = proporsi dalam populasi
 q = $(1-p)$
 d = limit eror

Pada penelitian ini jumlah responden yang didapat adalah 392. Sehingga dapat dikatakan bahwa jumlah sampel telah mewakili populasi. Uji validitas dan reabilitas dilakukan terhadap hasil kuesioner yang didapat. Uji validitas dilakukan untuk menilai apakah data yang diperoleh telah menunjukkan apa yang memang dicari, sedangkan uji reabilitas dilakukan untuk menilai sejauh mana hasil yang didapat tetap konsisten bila diukur berkali-kali dengan alat ukur yang sama. Uji validitas dan reabilitas dilakukan menggunakan software SPSS dengan pertimbangan kemudahan, kecepatan, dan hasil yang akurat. Pada uji validasi, kuesioner dikatakan valid bila nilai r hitung $>$ r tabel. R tabel didapat dari melihat tabel r dengan derajat bebas $n-2$. Nilai r hitung dengan SPSS ditunjukkan oleh nilai corrected item-total correlation. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa keseluruhan kuesioner valid. Rekap uji validasi dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Rekap uji validitas kuesioner

Stakeholder	Nilai r hitung			Nilai r tabel	Keterangan
pembeli	0.467	0.336	0.416	0.1914	Valid
	0.572	0.705	0.289		
	0.353	0.508	0.715		
	0.620	0.716	0.690		
	0.646	0.647	0.368		
Sales	0.807	0.746	0.696	0.4419	Valid
	0.913	0.909	0.847		
	0.628	0.510	0.715		
Pemilik	0.894	0.828	0.562	0.5324	Valid
	0.931	0.906			
Kasir	0.472	0.696	0.477	0.4	Valid
	0.659	0.652	0.626		

Pada uji reabilitas dengan SPSS dilihat nilai cronbach's alpha, apabila diatas 0.5 maka dapat dikatakan telah mencukupi batas reabilitas. Rekap uji reabilitas dapat dilihat di tabel 3.3.

Tabel 3.3 Rekap uji reabilitas kuesioner

Stakeholder	Nilai Cronbach's Alpha	Keterangan
Pembeli	0.875	Reabilitas sangat tinggi
Sales	0.931	Reabilitas sangat tinggi
Pemilik	0.931	Reabilitas sangat tinggi
Tenaga Kerja	0.820	Reabilitas sangat tinggi

3.2 Pembobotan Keinginan Stakeholder

Pembobotan keinginan stakeholder bertujuan untuk mencari bobot masing-masing keinginan stakeholder, karena jumlah responden yang banyak dan masing-masing memiliki tingkat preferensi yang berbeda agar didapat informasi skor level masing-masing kriteria



keinginan. Pembobotan dilakukan dengan metode AHP dan menggunakan bantuan software Suoer Decision. Rekap pembobotan dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Rekap Pembobotan Keinginan Stakeholder

Stakeholder	Keinginan Stakeholder	Rata-rata bobot
Pembeli	Ketersediaan label harga	0,074
	Keakuratan label harga yang terpasang di rak dengan harga di kasir	0,062
	Penataan barang yang rapi	0,053
	Ketersediaan stok barang di rak	0,022
	Expired date	0,127
	Expired date barang	0,201
	Diskon atau harga promo	0,122
	Keramahan pekerja	0,045
	Kebersihan toko	0,091
Sales	Lokasi produk pada rak	0,111
	Penataan produk pada display	0,205
	Harga barang	0,115
	Diskon atau promo	0,216
	Kualitas produk	0,347
	Iklan atau strategi pemasaran	0,142
Pemilik	Volume penjualan yang bagus	0,234
	Margin yang besar	0,161
	Harga beli yang murah	0,118
	Kualitas barang yang baik	0,190
	Perputaran produk yang cepat	0,323
Kasir	Penataan barang berdasarkan kategori	0,096
	Lokasi produk pada rak	0,091
	Adanya label harga	0,092
	Sapaan selamat datang dan penyampaian informasi mengenai diskon atau promo	0,111
	Keramahan karyawan	0,111
	Kebersihan minimarket	0,122
	Adanya diskon atau promo	0,141
	Kelengkapan produk yang dijual	0,098
	Harga jual produk yang bersaing dibanding minimarket lain	0,160

Keseluruhan hasil perbandingan berpasangan pada AHP ini telah dilakukan dilakukan uji validasi dengan menghitung nilai inconsistency, dimana nilainya harus lebih besar dari 0,1. Dan keseluruhan nilai inconsistency telah memenuhi syarat tersebut.

3.3 Identifikasi Parameter Teknik Keinginan Stakeholder dan Membangun QFD

Dari daftar keinginan stakeholder didapatkan bermacam-macam parameter teknik, dimana satu keinginan stakeholder dapat memiliki parameter teknik lebih dari satu. Padahal bobot yang kita dapat dari hasil AHP sebelumnya hanya satu sesuai daftar keinginan stakeholder. Karenanya perlu dilakukan penghitungan untuk mendapatkan skor atau bobot masing-masing parameter



teknik yang nantinya menjadi bobot PKI. Perhitungan dilakukan menggunakan House of Quality sesuai metode QFD. Hasil perhitungan House of Quality dapat dilihat pada gambar 3.1.

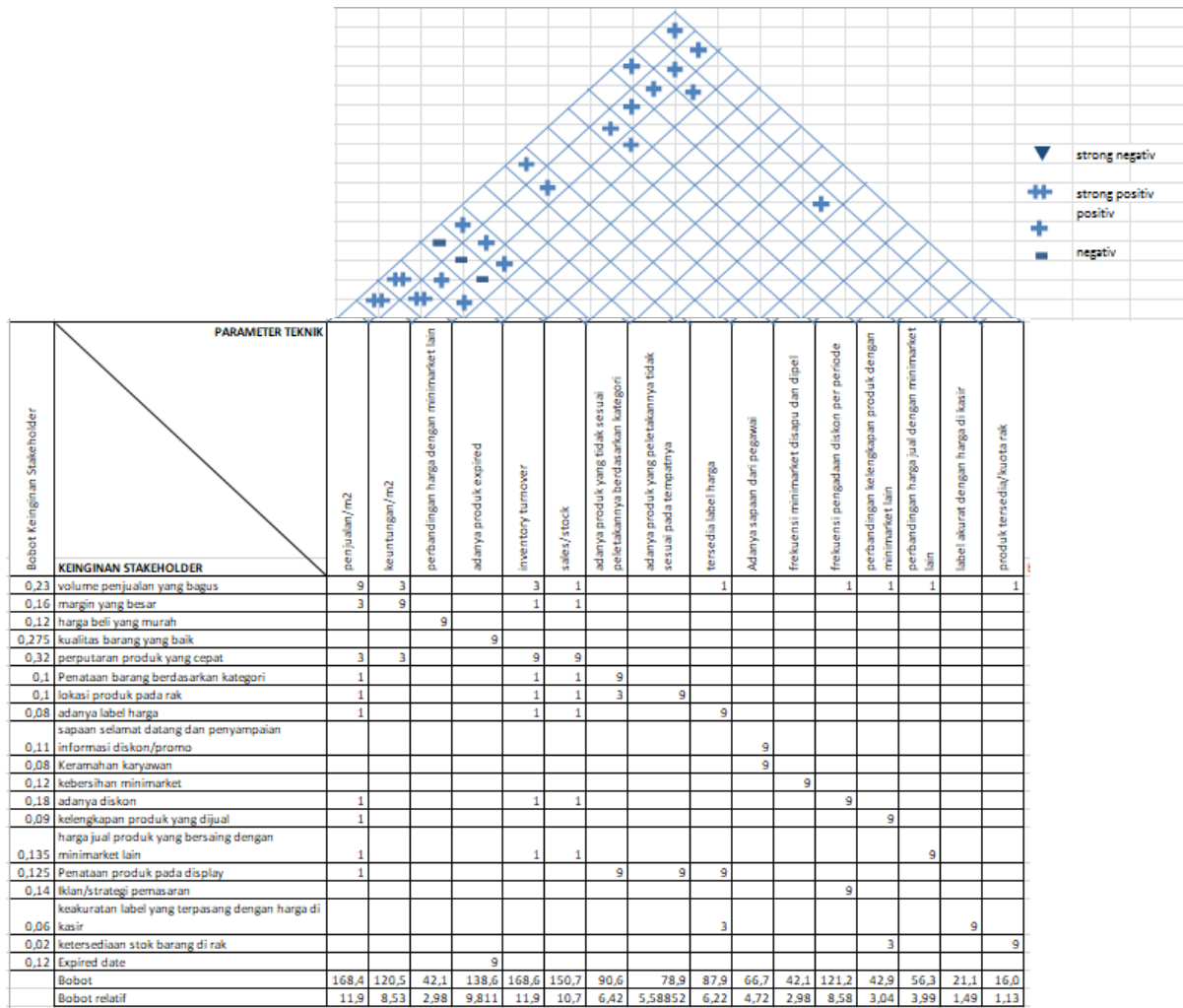
Tabel 3.5 Tabel Kerangka Penilaian Performansi Terpilih

No	KPI	Satuan	Bobot KPI	target	realisasi	skor	Skor akhir
1	penjualan per periode/m2	Rp/m2	11,92				
2	keuntungan per periode/m2	Rp/30 hari	8,53				
3	Tingkat perbandingan kemurahan harga beli dibanding minimarket lain	Rp/m2	2,98				
4	Tingkat ketersediaan produk yang tidak expired	%	9,81				
5	Inventory Turnover	-	11,94				
6	Sales/Stock	%	10,67				
7	Tingkat peletakan produk yang sesuai berdasarkan kategori	%	6,42				
8	Tingkat peletakan produk yang sesuai pada rak nya	%	5,59				
9	Tingkat ketersediaan label harga	%	6,22				
10	Adanya sapaan dari pegawai	1/0	4,72				
11	frekuensi minimarket disapu dan dipel	kali	2,98				
12	frekuensi pengadaan diskon per periode	kali	8,58				
13	Tingkat perbandingan kelengkapan produk dengan minimarket lain	%	3,04				
14	Tingkat perbandingan kemurahan harga jual dibanding minimarket lain	%	3,99				



Lanjutan Tabel 3.5 Tabel Kerangka Penilaian Performansi Terpilih

15	Tingkat keakuratan label harga display dengan harga di kasir	%	1,49				
16	produk tersedia/kuota rak	%	1,13				
Total			100				



Gambar 3.1 House of Quality

3.4 Penentuan KPI dan Bobotnya

Dari hasil QFD kemudian didapat daftar KPI dan bobotnya. Dari situ kemudian dapat dirumuskan kerangka penilaian performansi seperti yang dapat dilihat pada tabel 3.5.



Tabel 3.6 Tabel Contoh Perhitungan Performansi

No	KPI	Satuan	Bobot KPI	target	realisasi	skor	Skor akhir
1	penjualan per periode/m2	Rp/m2	11,92	5044 9371	2574961 8	51,04051	6,085139
2	keuntungan per periode/m2	Rp/bln	8,53	6033 572	3395347	56,27424	4,79888
3	Tingkat perbandingan kemurahan harga beli dibanding minimarket lain	Rp/m2	2,98	1	0,7	70	2,086381
4	Tingkat ketersediaan produk yang tidak expired	%	9,81	1	0,9	90	8,829861
5	Inventory Turnover	-	11,94	14	7	49,76472	5,939904
6	Sales/Stock	%	10,67	1	0,4	40	4,266593
7	Tingkat peletakan produk yang sesuai berdasarkan kategori	%	6,42	1	0,8	80	5,133159
8	Tingkat peletakan produk yang sesuai pada rak nya	%	5,59	1	0,8	80	4,470816
9	Tingkat ketersediaan label harga	%	6,22	1	0,9	90	5,600938
10	Adanya sapaan dari pegawai	1/0	4,72	1	0	0	0
11	frekuensi minimarket disapu dan dipel	kali	2,98	2	1	50	1,490272
12	frekuensi pengadaan diskon per periode	kali	8,58	2	1	50	4,291431
13	Tingkat perbandingan kelengkapan produk dengan minimarket lain	%	3,04	1	0,7	70	2,125017
14	Tingkat perbandingan kemurahan harga jual dibanding minimarket lain	%	3,99	1	0,9	90	3,589071
15	Tingkat keakuratan label harga display dengan harga di kasir	%	1,49	1	0,8	80	1,192217
16	produk tersedia/kuota rak	%	1,13	1	0,7	70	0,792052
							60,69173

Nilai realisasi merupakan nilai yang ada dari sistem yang sedang dihitung performansinya. Penentuan target dapat disesuaikan dengan keinginan yang ingin dicapai oleh pemilik toko.



Diharapkan nilai target dapat terus ditingkatkan pada setiap periode untuk mendapatkan performansi yang lebih baik lagi disetiap periode. Skor didapat dengan cara membagi realisasi dengan target dikali 100%. Dan skor akhir didapat dengan cara menghitung skor dikali bobot KPI dibagi 100. Total nilai performansi nantinya adalah penjumlahan total dari skor akhir. Satuan 1/0 pada kriteria adanya sapaan pegawai menunjukkan ada atau tidak adanya sapaan, jika ada keijakan memberi sapaan pada setiap pengunjung yang datang maka pada kolom skor dapat diisikan 1, jika belum ada maka dapat diisikan 0.

Data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan performansi dengan KPI diatas adalah data penjualan dalam periode tertentu. Detail data penjualan yang diperlukan meliputi nama barang, jumlah yang terjual, jumlah stok dari awal periode, keuntungan penjualan jika suatu produk terjual, dan keuntungan keseluruhan masing-masing produk yang telah terjual. Penilaian performansi dengan KPI ini dapat dilakukan per rak untuk mempermudah perhitungan. Dari hasil perhitungan per rak ini nanti akan dapat dilihat dari keseluruhan toko rak mana yang memiliki performansi rendah. Kemudian dapat ditelusur lebih lanjut produk mana saja tepatnya yang memiliki nilai penjualan rendah atau siklus perputaran yang terlampau lama atau bahkan terdapat produk yang tidak laku sama sekali. Produk-produk tersebut nantinya dapat dicek penataannya, apakah ada yang salah dari penataannya sehingga perlu dibenahi atau bahkan perlu dipindah letaknya agar dapat lebih terlihat oleh pengunjung.

3.5 Hasil Uji Coba

Uji coba perhitungan performansi dilakukan menggunakan data suatu minimarket X yang berlokasi di Yogyakarta. Data didapat dari mengunduh laporan pada software kasir yang dipakai minimarket tersebut. Data yang dipakai untuk uji coba adalah data penjualan bulan April 2017. Data penjualan produk kemudian dikelompokkan kedalam 9 macam sesuai kategori produknya. Perhitungan performansi kemudian dilakukan terhadap 9 kategori tersebut.

Contoh perhitungan uji coba performansi dapat dilihat pada tabel 3.6. Hasil menunjukkan bahwa kategori dengan nilai performansi tertinggi adalah pada kategori minuman, terutama untuk produk-produk minuman yang berada dalam kulkas, dengan nilai performansi sebesar 60,6917. Salah satu faktor yang membuat kategori ini memiliki nilai performansi tertinggi adalah karena produk minuman memang termasuk produk yang paling laris dibeli terutama jika cuaca sedang panas. Nilai performansi tertinggi berikutnya adalah kategori makanan ringan dengan nilai 59,9109. Penyebabnya sama dengan minuman, makanan ringan termasuk produk yang perputarannya cepat, terutama karena lokasi minimarket dekat pasar dan jalan raya. Nilai performansi kategori lainnya berturut-turut adalah minuman tidak dingin sebesar 58,5127, peralatan mandi sebesar 58,88281, susu sebesar 58,0762, detergen 57,5644, bumbu dapur sebesar 58,0762, kosmetik sebesar 56,4734, dan kebutuhan bayi 54,41.

3.6 Strategi *Benchmarking*

Hal-hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan performansi kemudian dapat ditentukan dengan cara mengacu pada strategi-strategi yang telah ada saat ini dan membandingkan dengan strategi yang dilakukan oleh Indomaret dan Alfamart. Strategi penataan pada kedua ritel tersebut yang paling utama adalah mengelompokkan barang dagangan berdasarkan kriteria fungsi dan jenis. Pada setiap rak terdapat keterangan nama barang dan harganya, keterangan ini akan selalu diupdate jika terdapat perubahan harga. Produk dengan bau tajam seperti obat nyamuk atau parfum akan dijauhkan dari letak rak makanan. Dan produk-produk akan ditata rapi berbaris kebelakang dengan bagian depan produk menghadap kearah pengunjung, sehingga pengunjung dengan mudah mengenali produk yang ada di rak. Dari hasil pengamatan di minimarket X penataan produknya sudah dikelompokkan sesuai jenis atau kategori, namun beberapa masih ada yang penataannya masih kurang rapi. Seperti bagian depan produk tidak menghadap kearah pembeli, penataan tidak dijejerkan rapi disusun kebelakang atau kesamping. Beberapa produk ada



yang salah pemasangan label harganya, bahkan ada juga yang terlewat tidak ada label harganya. Padahal adanya informasi harga barang ini termasuk kriteria yang mempengaruhi pembelian produk dengan bobot tinggi berdasarkan hasil kuesioner yang telah disebar pada penelitian ini. Dari hasil wawancara dengan beberapa pembeli pun mereka lebih nyaman dan senang berkunjung ke toko yang secara jelas memasang harga produk sehingga dapat memperkirakan total pembelian sembari memilih produk.

Berdasarkan keinginan stakeholder dari kuesioner yang disebar, dapat dilihat bahwa kriteria yang dapat mempengaruhi keputusan pembeli untuk membeli di suatu toko selain penataan yang rapi adalah keramahan karyawannya. Seperti yang kita tahu pada Indomaret dan Alfamart, setiap pengunjung yang masuk akan mendapat sapaan selamat datang dan ketika membayar akan diberikan informasi mengenai promo barang atau ditawarkan produk lain seperti pulsa misalnya. Hal sederhana ini dapat diterapkan pada toko ritel non waralaba. Pada toko ritel skala kecil yang berada di pedesaan bahkan lebih mudah karena biasanya sudah saling mengenal antara penduduk sekitar. Karena keramahan pemilik maupun penjaga toko akan menjadi nilai tambah tersendiri yang mampu menarik jumlah pengunjung ke toko tersebut. Sedangkan pada minimarket X, sapaan terhadap pengunjung dilakukan sebatas menanyakan kabar jika kasir mengenal pembelinya. Hal ini dapat ditingkatkan dengan mengadopsi strategi Indomaret dan Alfamart, yakni melakukan sapaan terhadap seluruh pembeli dan menawarkan produk-produk yang sedang diskon.

Pada minimarket X, untuk barang-barang yang siklus perputaran lambat dilakukan strategi pengubahan tata letak pemajangannya dipindah ke bagian depan atau diberikan diskon harga. Strategi ini cukup baik karena berhasil menaikkan penjualan dari produk yang dipindah tata letaknya tersebut. Pada Indomaret atau Alfamart mereka rutin memberikan promo atau diskon minimal 2 kali dalam sebulan. Sedangkan pada minimarket X, diskon dilakukan hanya pada *event* tertentu seperti pada hari raya dan akhir tahun.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah:

- Suatu metode untuk mengukur performansi penataan produk minimarket yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa penilaian dengan KPI. Dengan jumlah total kriteria sebanyak 16 kriteria yang telah mewakili keinginan pembeli, pemilik toko, kair, dan sales.
- Strategi perbaikan penataan produk paling dasar yang perlu diterapkan adalah penataan produk berdasarkan kategori atau jenis, dengan bagian depan produk menghadap kearah pembeli dan adanya label harga setiap produk.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah agar dapat dibuat alat hitung untuk menghitung performansi agar memudahkan menghitung sehingga tidak perlu menghitung manual mengingat banyaknya data yang harus dihitung. Selain itu juga dapat dibuat list panduan strategi penataan yang terstruktur agar lebih mudah melakukan perbaikan bagi toko ritel kecil menengah *non waralaba*.

Daftar Pustaka

- Azghazadeh, S-M., 2005, Layout strategies for retail operations: A case study, *Management Research News*, Vol. 28 Iss 10 pp. 31 – 46.
- Azghazadeh, S-M., 2006, An experimental approach to improve retail layout: shoppers reactions to layout, *Int. J. Services and Standards*, Vol. 2, No. 3, pp.303–322.
- Dubelaar, Chris, Bhargava, Mukesh, dan Ferrarin, David, 2002, Measuring Retail Productivity, What Really Matters?, *Journal of Business Research*, 55, 417-426.
- Gaspersz, V., 1997, *Manajemen Bisnis Total Dalam Era Globalisasi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.



- Ghalayini, Alaa M., Noble, James S., dan Crowe, Thomas J., 1997, An Integrated Dynamic Performance Measurement System for Improving Manufacturing Competitiveness, *International Journal of Production Economics*, 48, 207-225.
- Gruen, Corsten, D.S., Bharadwaj, S., 2002, Retail Stockouts: A Worldwide examination of Extent, Causes and Consumer Responses. *The Food Institute Forum (CIES, FMI, GMA)*.
- Hutabarat, M., Smart, A., dan Bourne, M., 2001, Theory and Practice In SME Performance Measurement System, *International Journal of Operations & Production Management*, 21 (8), 106-115.
- Lohman, Clemens, Fortuin, Leonard, dan Wouters, Marc, 2004, Designing A Performance Measurement System: A Case Study, *European Journal of Operational Research*, 156, 267-286.
- Metzger, Christian Peter, 2008, *Doctoral Thesis: High Fidelity Shelf Stock Monitoring a Framework for Retail Replenishment Optimization*, MSc in Electrical Engineering and Information Technology, ETH Zurich Research, Switzerland.
- Neely, A., Gregory, M., dan Platts, K., 1995. Performance Measurement System Design: A Literature Review and Research Agenda, *International Journal of Operation & Production management*, 15 (4), 80-116.
- Sujana, Asep ST., 2012, *Manajemen Minimarket*, Raih Asa Sukses (Penebar Swadaya Grup), Jakarta.
- Sulek, Joanne M., Maruchek, Ann, dan Lind, Mary R., 2006, Measuring Performance in Multi-Stage Service Operations: An Application of cause Selecting Control Charts, *Journal of Operation Management*, 24, 711-727.
- Suwignjo, P., Bititci, U.S., dan Carrie, A.S, 2000, Quantitative Models for Performance Measurement System, *Internatiol Journal of Production Economics*, 64, 231-241.
- Wibisono, D., 2006, *Manajemen Kinerja*, Erlangga, Jakarta.



Penataan Kawasan Timoho yang Antisipatif terhadap Genangan Air

Brian Salvati Rodintya, Ardhya Nareswari, M. Santosa

Jurusan Teknik Arsitektur dan perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Jl.

Grafika No. 2 Yogyakarta 55281, Indonesia

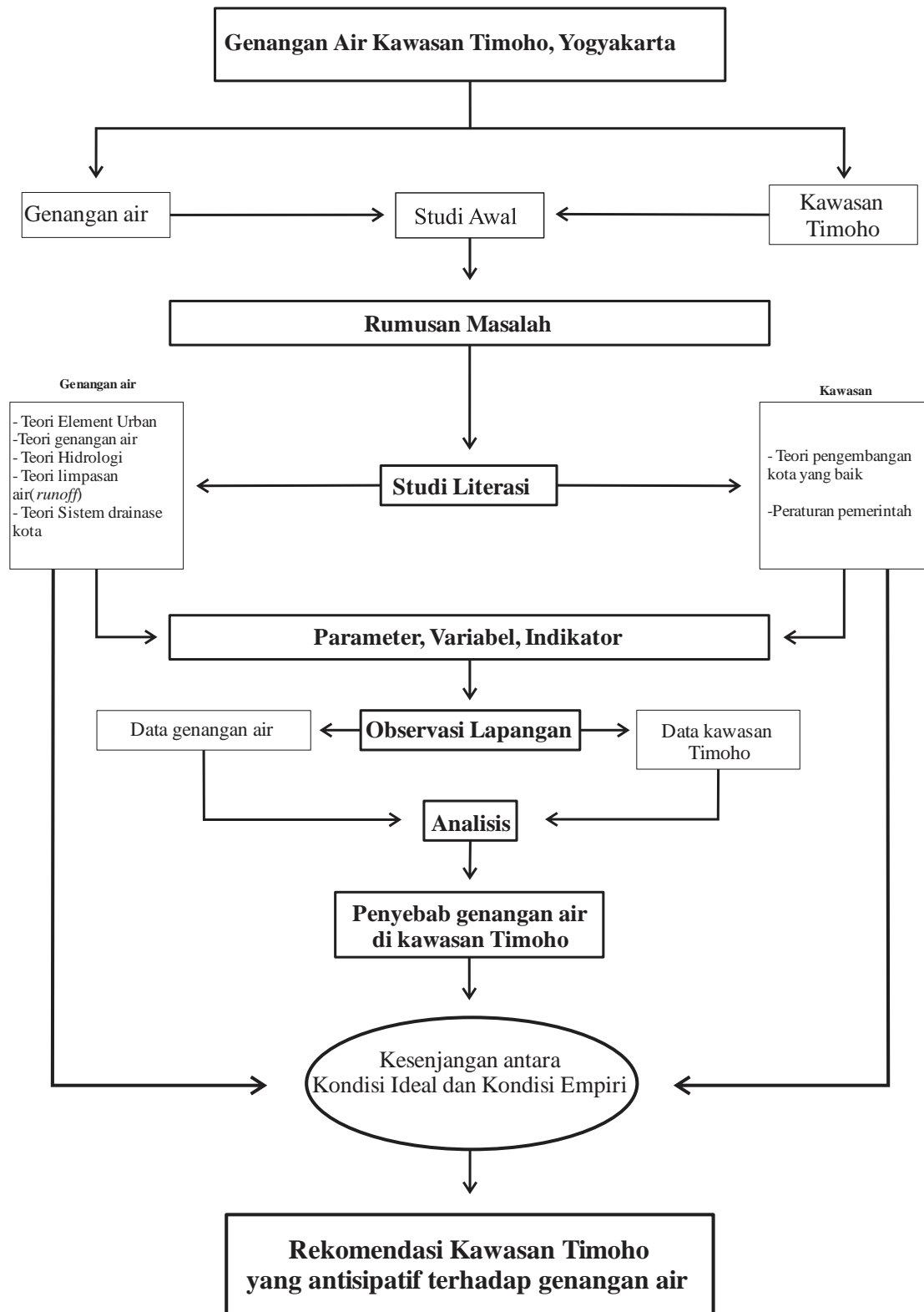
E-mail korespondensi: brian.arch07@gmail.com

Intisari

Kawasan Timoho merupakan bagian dari Kecamatan Umbulharjo Yogyakarta, Kecamatan Umbulharjo adalah kecamatan yang memiliki fungsi sebagai kawasan administrasi kota Yogyakarta. Seiring berkembangnya waktu perkembangan kawasan Timoho mulai memunculkan permasalahan genangan air pada kawasan ini. Hal ini ditandai dengan jika musim hujan tiba dan curah hujan yang jatuh pada kawasan ini cukup tinggi maka genangan air akan mulai terlihat di beberapa titik pada kawasan Timoho. Dari permasalahan yang muncul diduga salah satu faktor penyebabnya adalah pengalihan fungsi lahan serta pengelolaan kawasan yang kurang baik dari segi infrastruktur saluran drainase. Genangan air mengakibatkan permasalahan tersendiri diantaranya adalah rusaknya infrastruktur kota terutama jalan raya, genangan juga menyebabkan jalan menjadi licin dan menjadi salah satu faktor kecelakaan bertambah. Selain itu genangan juga kerap menyebabkan arus lalu lintas melambat sehingga terjadi kemacetan panjang di jalan yang tergenang. Untuk itu menjaga kota dari genangan air merupakan aspek penting dalam perencanaan kota yang baik. Idealnya suatu pengembangan kawasan yang baik terbebas dari genangan air dan kemungkinan akan bencana banjir (Barton, Richard, dan Guise, 2003). Jika suatu genangan terjadi pada suatu kawasan maka dapat disimpulkan berarti ada yang kurang baik dalam proses pengembangan kawasan tersebut. Perubahan fungsi lahan pada suatu kawasan yang awalnya merupakan daerah hijau kemudian menjadi bangunan mempengaruhi secara langsung kemampuan meresap (infiltrasi) air ke dalam tanah. Perubahan lahan di perkotaan cenderung ke arah penutupan lahan yang kedap air, Kondisi kedap air di permukaan tanah menyebabkan air tidak dapat meresap sehingga air hujan cenderung mengalir diatas permukaan. Hal ini memicu limpasan air(Runoff) di permukaan tanah menjadi tinggi sehingga menggenang di beberapa titik pada suatu kawasan. Pengembangan kawasan yang antisipatif terhadap genangan air menjadi fokus pada penelitian kawasan Timoho. Hal ini bertujuan agar diketahui faktor- faktor penyebab genangan air di kawasan Timoho, serta memberikan solusi atau rekomendasi penataan kawasan timoho yang terhindar dari genangan air.

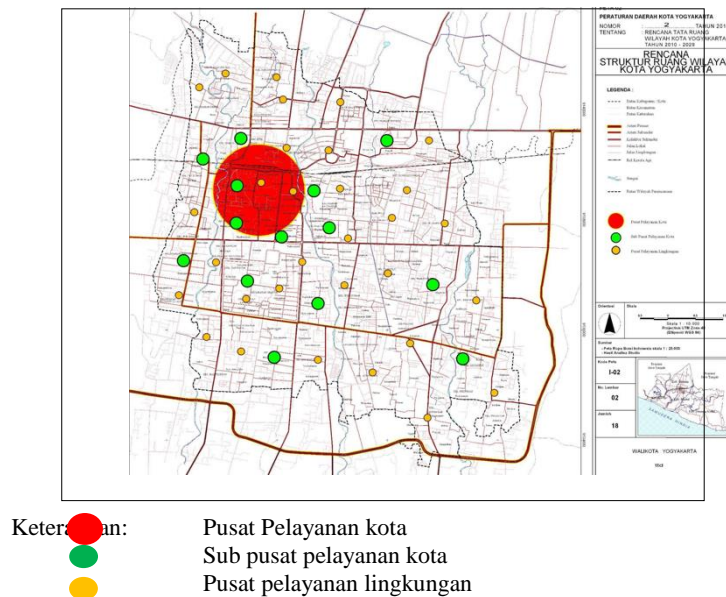
Kata Kunci : Kawasan yang baik, Genangan air, Limpasan air(runoff), infiltrasi, drainase.





Gambar 1.1 Kerangka Pola Pikir Penelitian
Sumber :Analisis penulis



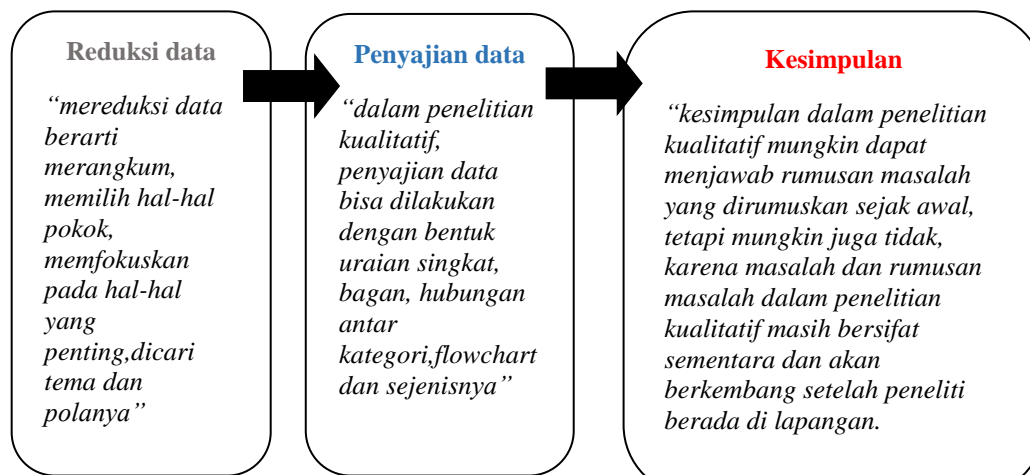


Gambar 1.3 Peta Rencana Struktur Ruang Wilayah Kota Yogyakarta
Sumber :RTRW Kota Yogyakarta 2008 – 2028

Masalah yang ditimbulkan akibat genangan air ialah rusaknya infrastruktur kota terutama jalan raya, yang mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas pelayanan kota. Sehingga menjaga kota dari genangan air merupakan aspek penting dalam perencanaan kota yang baik.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan paradigma rasionalistik dengan metoda kualitatif yaitu suatu metode penelitian yang berfokus rasionalisme yaitu persepsi individu dalam melihat, memahami dan menyadari kondisi seting fisik dan aspek-aspek yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan kawasan yang antisipatif terhadap genangan air. Metode kualitatif secara umum terdiri dari tiga tahapan, yaitu tahap reduksi data, tahap penyajian data, dan tahap kesimpulan.



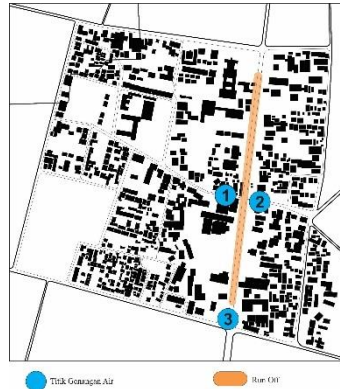
Gambar 2.1 Bagan tahapan penelitian secara umum dengan pendekatan kualitatif
Sumber: Sugiyono (2009:92-99)



3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi eksisting titik Genangan Air di Kawasan Timoho

Genangan Pada Kawasan Timoho berasal dari Tingginya curah hujan dalam waktu yang panjang. Curah hujan ini memicu luapan di saluran drainase jalan Iptu Tut Harsono, Jalan Timoho, luapan yang terjadi di ruas jalan tersebut mulai menggenangi beberapa titik di ruas jalan sehingga mulai mengganggu jalur transportasi darat dan membahayakan pengendara kendaraan. Keadaan ini diperparah karena ada bagian jalan yang tidak tercover jaringan drainase dan ada titik genangan air di kawasan cekungan sehingga memerlukan penanganan khusus untuk dapat menyelesaikan masalah genangan air di kawasan Timoho.



Gambar 3.1 Peta titik-titik genangan air di kawasan penelitian
Sumber: analisis penulis

Jika terjadi hujan selama 2 jam di kawasan Timoho terdapat beberapa titik genangan air, berikut hasil observasi di lapangan pada titik-titik genangan air di kawasan Timoho :

Tabel 3.1 Hasil observasi debit genangan air di kawasan penelitian selama 2 jam

Durasi hujan	Peta Genangan 1	Peta Genangan 2	Peta Genangan 3	Limpasan air (Runoff)
2jam / 7200 detik	315 m3 0,007 m3/detik	50 m3 0,04 m3/detik	80 m3 0,01 m3/detik	80 m3 0,01 m3/detik

Sumber : analisis penulis

3.2 Faktor yang berpengaruh terhadap genangan air di kawasan Timoho

Dari hasil analisis diketahui genangan air di kawasan timoho disebabkan oleh faktor faktor berikut :

- **Topografi**

Dari hasil analisis diketahui salah satu titik genangan air berada pada daerah cekungan di kawasan Timoho. Daerah cekungan merupakan daerah yang berpotensi tergenang air karena limpasan air dari area disekitarnya akan menuju ke daerah itu dan akan menggenang jika tidak terdapat saluran drainase. Salah satu kondisi yang terjadi di kawasan timoho adalah adanya genangan air di kawasan timoho dan salah satu dari titik genangan tersebut

- **Sistem drainase**

Dari hasil analisis genangan air di kawasan imoho, salah satu hal yang sangat berkaitan erat dengan genangan air di kawasan Timoho adalah sistem drainase. Limpasan air dari kawasan



Timoho dialirkan melalui saluran-saluran yang terhubung ke dalam roil kota yang kemudian akan disalurkan ke sungai. Sehingga fungsi utama keberadaan saluran drainase untuk mengeringkan kawasan Timoho dari genangan air atau banjir saat terjadi hujan.

3.3 Pembahasan

Kriteria kawasan yang baik menurut menurut (Barton, Richard, dan Guise, 2003) dalam bukunya “Shaping neighbourhoods” adalah:

- Kawasan terbebas dari genang air dan banjir.
- Kawasan memiliki drainase yang baik.

Untuk mengetahui mengetahui 2 kriteria diatas dapat dipenuhi dalam suatu kawasan maka perlu dilakukan pembahasan tentang Karakteristik Kawasan, Limpasan air (*runoff*), Topografi, Dan Sistem drainase. Berikut pembahasan untuk setiap variabel yang berpengaruh pada genangan air pada suatu kawasan:

1. Karakteristik kawasan

- Tata Guna lahan

Tabel 3.2 Penilaian Tata Guna Lahan Berbanding Peraturan

No	Kawasan Penelitian	Ruang Terbangun	Ruang terbuka
1.	Timoho	252.403 m2 27%	677.599 m2 73%
2.	Peraturan Inmendagri No 14 Tahun 1988	558.001,2 60%	372.000,8 40%
Penilaian		Sesuai (baik)	Sesuai (baik)

Sumber : analisis penulis

Penggunaan lahan dikawasan Timoho masih berada pada kisaran 27% pengembangan bangunan dan secara umum masih sesuai dengan peraturan pemerintah sehingga pada kawasan timoho variable tata guna lahan dieliminasi sebagai salah satu faktor penyebab genangan air di kawasan timoho.

- Perbandingan koefisien KDB dan KDH

Tabel 3.3 Penilaian Koefisien KDB dan KDH Berbanding Peraturan daerah

No	Kawasan Penelitian	KDB	KDH
1.	Timoho	252.403 m2 36,14%	446.060 63,86%
2.	Peraturan Daerah Yogyakarta	558.770,4 m2 80%	139.692,6 20%
Penilaian		Sesuai (baik)	Sesuai (baik)

Sumber : analisis penulis

Perbandingan koefisien KDB dan KDH di kawasan timoho sesuai dengan peraturan daerah Yogyakarta sehingga dapat dikategorikan sebagai pemukiman yang baik. Dan variable koefisien KDB dan KDH bukan merupakan faktor penyebab genangan air di kawasan Timoho.



- Ruang terbuka

Tabel 3.4 Penilaian Koefisien Ruang Terbuka Berbanding Peraturan

No	Perbandingan	RTH Publik	RTH Privat
1.	Timoho	Tidak ada 0%	446.060 63,86%
2.	Peraturan Daerah Yogyakarta	186.000,4 20%	139.692,6 20%
	Peraturan Inmendagri No 14 Tahun 1988	186.000,4 20%	186.000,4 20%
Penilaian		Tidak Sesuai (ada kesenjangan)	Sesuai (baik)

Sumber : analisis penulis

Pembahasan Ruang terbuka di fokuskan pada kesenjangan antara peraturan Inmendagri No. 14 Tahun 1988 dengan RTH publik dikawasan penelitian. Disini dapat dilihat tidak terdapat ruang terbuka publik di kawasan penelitian. Dan itu berarti variable ruang terbuka menjadi variable yang mempengaruhi penataan kawasan Timoho,

2. Topografi kawasan

- Topografi titik genangan air

Tabel 3.5 Penilaian Topografi Kawasan Berbanding Teori

No	Perbandingan	Topografi
1.	Timoho	Terdapat area cekungan
2.	Topografi (Kodoatie, 2002)	Baik apabila tidak terdapat daerah cekungan
Penilaian		Kurang baik (terdapat kesenjangan)

Sumber : analisis penulis



3. Limpasan air(*runoff*)

Tabel 3.6 Penilaian Debit Limpasan Air(*Runoff*) Berbanding Debit Saluran Air

No.	Perbandingan	Debit Air hujan	Kemampuan resapan	Debit Limpasan(<i>runoff</i>)
1.	Perhitungan debit limpasan air	5,41 m ³ / detik	2,38 m ³ / detik	3,03 m³ / detik
2.	Perhitungan Kemampuan saluran drainase			19,55 m³ / detik
Penilaian				Sesuai (tidak ada kesenjangan)

Sumber : analisis penulis

Pembahasan Limpasan air(*runoff*) kawasan data diatas dapat digunakan untuk menilai apakah sistem drainase kawasan Timoho di bangun berdasarkan perhitungan Limpasan air(*runoff*) kawasan. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa aliran runoff di perhitungkan dalam perencanaan sistem drainase kawasan.

4. Sistem Drainase

- Distribusi saluran sistem drainase

Tabel 3.7 Penilaian Distribusi Saluran Sistem Drainase Berbanding Teori

Perbandingan	Distribusi saluran drainase
Kondisi eksisting	Ada area yang tidak terdapat saluran drainase
Ideal	Terdapat saluran drainase di kawasan
Penilaian	Tidak sesuai (ada kesenjangan)

Sumber : analisis penulis

Dari tabel diatas dapat kita ketahui ada kenjangan antara kondisi ideal distribusi saluran drainase di kawasan penelitian dengan kondisi eksisting dan hal ini menjadi salah satu faktor juga yang menyebabkan genangan air di kawasan Timoho Yogyakarta.

- Kondisi saluran sistem drainase

Tabel 3.8 Penilaian Kondisi Saluran Sistem Drainase Berbanding Teori

Perbandingan	Kondisi saluran sistem drainase
Kondisi eksisting	Ada saluran yang terdapt sedimentasi dan sampah
Ideal	Tidak terdapat sedimentasi dan sampah
Penilaian	Tidak sesuai (ada kesenjangan)

Sumber : analisis penulis



Dari tabel diatas dapat kita ketahui ada kenjangan antara kondisi ideal saluran drainase di kawasan penelitian dengan kondisi eksisting dan hal ini juga merupakan faktor yang berpengaruh terhadap genangan air di kawsan Timoho Yogyakarta, karena kondisi yang ada pada saluran drainase eksisting beberapa ada yang sudah cukup parah sehingga mengganggu aliran air pada saluran drainase.

- Debit saluran sistem drainase

Tabel 3.9 Penilaian Debit Saluran Sistem Drainase Berbanding Teori

Perbandingan	Kemampuan sistem drainase mengalirkan air	Debit Limpasan(<i>runoff</i>)
Kondisi eksisting	19,55 m ³ / detik	3,03 m ³ / detik
ideal	Sistem drainase di bangun berdasarkan perhitungan debit Limpasan air (<i>runoff</i>)	
Penilaian	Sesuai (tidak ada kesenjangan)	

Sumber : analisis penulis

Dari Hasil Pengamatan diketahui bahwa kemampuan saluran drainase kawasan dalam mengalirkan air mencapai $\pm 19,55 \text{ m}^3 / \text{detik}$ jika dibandingkan dengan perhitungan debit limpasan kawasan sebesar $3,03 \text{ m}^3 / \text{detik}$ maka dapat diketahui bahwa saluran drainase kawasan direncanakan berdasarkan perhitungan debit limpasan air yang terjadi di kawasan penelitian.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari Hasil pembahasan kawasan penelitian maka dapat disimpulkan ada kesenjangan antara kondisi ideal menurut teori dan peraturan dengan kondisi empiri di lapangan. Faktor – faktor berikut mempengaruhi kondisi kawasan penelitian:

- Tidak ada ruang terbuka publik di kawasan penelitian yang diperuntukkan sebagai daerah tangkapan air
- Terdapat topografi daerah cekungan yang menyebabkan genangan jika terjadi limpasan air(*Runoff*)
- Distribusi dan kondisi saluran drainase yang kurang baik yang menyebabkan luapan air di kawasan Penelitian

5.2 Saran

Berdasarkan kajian teori yang digunakan untuk mencegah terjadi genangan air di kawasan penelitian dapat dilakukan dengan cara :

1. membuat ruang terbuka sekitar daerah cekungan untuk meresapkan air, ruang terbuka ini bisa berupa ruang terbuka hijau dengan material penutup lahan yang memiliki koefisien limpasan air rendah sehingga dapat meningkatkan kemampuan resapan lahan.
2. Mencegah aliran air(*runoff*) dari saluran drainase dengan cara memperbesar debit rencana saluran drainase dan normalisasi saluran drainase.
3. Penambahan saluran drainase untuk melayani area yang tidak memiliki saluran drainase.



Daftar Pustaka

- Arsyad S.2006. *konservasi tanah dan air*.IPB Press. Bogor
- Asdak C.2002.*Hidrologi dan pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Barton,Richard,dan Guise,2003. *Shaping neighbourhoods*.New York
- Haryono, Sukarto, Ir., M.Si.1999. *Drainase perkotaan*. PT. Mediatama Saptakarya. Jakarta.
- Maryono, A., 2000. Pembangunan Sungai, Dampak, dan Restorasi Sungai (studi kasus sungai di Jerman) makalah pada *Workshop Perencanaan Pengendalian Banjir*, BAPPEDA PROV DIY, 12-13 september 2000.
- Kodoati Robert J & Sugiyono,2002 *Banjir Penyebab dan Metode Pengendalian Dalam Perspektif Lingkungan*, Pustaka Pelajar: Yogyakarta.
- Seyhan, E., 1990. *Dasar-dasar Hidrologi (terjemahan Fundamental of Hydrology oleh sentot subagya)* Gadjah Mada University Press,Yogyakarta
- Sugiyono. 2009.Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D, Bandung:Alfabeta
- Suripin. 2004,*Sistem drainase kota yang berkelanjutan*. Yogyakarta
- Sosrodarsono Suyono, Kensaku Takeda, 1978. *Hidrologi Untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Penataan Ruang Departemen pekerjaan Umum,2008
- Shirvani, Hamid. 1985. *The Urban DesignProcess*. New York: Van Nostrand Reinhold



Perancangan Kerangka Kerja Dalam Mendukung Kesuksesan Pengembangan Produk Baru Berbasis *Product Family* Pada Industri Kecil Menengah di D.I.Yogyakarta

Broto Widya Hartanto, Subagyo

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta, 55281

Telp. +62-274-521673

E-mail: brotohartanto@gmail.com

Intisari

Industri di Indonesia saat ini didominasi oleh industri skala kecil dan menengah (IKM). Pertumbuhan IKM di Indonesia merupakan peluang yang besar bagi pertumbuhan ekonomi nasional. Salah satu permasalahan dari IKM merupakan pengembangan produk baru, sedangkan produk merupakan bagian penting dari daya saing industri untuk bertahan dalam persaingan. Daya saing perusahaan tergantung pada kemampuannya untuk memproduksi produk dengan kualitas yang selalu meningkat, mengurangi biaya, dan time-to-market yang cepat. Sehingga dibutuhkan perancangan kerangka kerja atau framework guna mendukung kesuksesan pengembangan produk baru berbasis product family sebagai salah satu keunggulan kompetitif bagi industri kecil menengah, dengan studi kasus pada IKM yang berada di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. Metode yang dilakukan dengan mengadopsi pendekatan modular function deployment yang berfokus pada 2 tahapan pertama, yaitu tahapan penjelasan kebutuhan atau keinginan konsumen menggunakan metode QFD dan tahapan dekomposisi fungsional untuk analisis fungsi dan penetapan solusi teknikal konsep produk baru menggunakan pendekatan axiomatic design, function and means tree, dan Pugh selection matrix. Studi kasus dilakukan pada industri skala kecil dan menengah di D.I.Yogyakarta. Partisipan yang berjumlah 30 orang merupakan konsumen yang telah mengenal dan menggunakan produk beserta perusahaannya, sebagai sumber data kebutuhan atau keinginan konsumen (Voice of Customer). Data primer yang diambil melalui wawancara dan alat kuesioner terdiri dari 4 variabel (Product Characteristics, Firm Strategy Characteristic, Firm Process Characteristics, Marketplace Characteristic).

Kata Kunci: daya saing, pengembangan produk, MFD, QFD, dekomposisi fungsional.

1. Pendahuluan

Industri di Indonesia saat ini didominasi oleh industri skala kecil dan menengah (IKM). Pada tahun 2016 pertumbuhan IKM mencapai 165.983 unit (Kementerian Perindustrian, 2017). Dari berbagai jenis IKM tersebut, diantaranya adalah industri kreatif, dengan ruang lingkup yang terbagi kedalam 16 sub-sektor, yaitu arsitektur; desain interior; desain komunikasi visual; desain produk; fashion; film, animasi dan video; fotografi; kriya; kuliner; music; aplikasi dan game developer; penerbitan; periklanan; seni pertunjukan; seni rupa; dan televisi dan radio (Badan Ekonomi Kreatif, 2017).

Berbagai permasalahan IKM yang timbul, diantaranya adalah keterbatasan modal kerja dan/atau modal investasi, kesulitan mendapatkan bahan baku dengan kualitas yang baik dan harga terjangkau, keterbatasan teknologi, sumber daya manusia dengan kualitas yang baik (manajemen dan teknik produksi), informasi pasar, dan kesulitan dalam pemasaran (Widagdo, 2014). IKM



cenderung lebih lambat dalam mengadopsi penggunaan teknik dan alat dibandingkan perusahaan besar dalam hal meningkatkan kinerja dari sisi inovasi, meskipun pada dasarnya pelaku IKM memahami pentingnya inovasi, yang disebabkan oleh sulitnya penerapan pada kegiatannya (Maravelakis dkk, 2007). Sehingga untuk memacu produktifitas dan daya saing IKM, pemerintah Indonesia akan memberikan fasilitas berupa pengembangan produk, restrukturisasi mesin dan peralatan, serta promosi dan pameran (Kementerian Perindustrian, 2017). Dukungan yang diberikan pemerintah bagi IKM sub sektor ekonomi kreatif diantaranya adalah fasilitas akses permodalan, inkubasi dan pasar; fasilitas pada seluruh rantai nilai yang masih lemah; fasilitas ekspansi pasar luar negeri dan dalam negeri; dan fasilitas proses kreasi untuk mendorong inovasi produk dan *branding* terutama pada subsektor kuliner dan kerajinan (Badan Ekonomi Kreatif, 2016).

Salah satu permasalahan dari IKM merupakan pengembangan produk baru, sedangkan produk merupakan bagian penting dari daya saing industri untuk bertahan dalam persaingan. Dalam konteks industri, inovasi yang bernilai komersial merupakan kunci sukses sebagai kreasi, pengembangan dan implementasi dari suatu produk atau layanan baru dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi, efektifitas, ataupun keunggulan bersaing (Kementerian Perindustrian, 2017). Pengembangan produk baru adalah suatu alat strategis suatu perusahaan untuk bertahan atau bahkan memenangkan kompetisi pasar yang ketat dengan cara menghasilkan suatu produk yang memiliki keunggulan-keunggulan kompetitif (Yuktyanta, 1998). Menurut Owens (2007), pada persaingan pasar global, perubahan teknologi yang cepat dan pergeseran pola peluang pasar dunia memaksa perusahaan terus berinvestasi dalam pengembangan produk baru dan hal tersebut dianggap sebagai salah satu kunci kesuksesan berbagai bisnis. Tuntutan keunggulan kompetitif bagi sebuah industri menjadi prioritas perusahaan dalam mempertahankan eksistensinya di pasar persaingan. Secara luas, kemajuan produk baru dan pengembangannya telah diakui sebagai sumber keunggulan kompetitif bagi perusahaan (Owens, 2007).

Pada aktivitas yang berkaitan dengan kesuksesan proses pengembangan produk baru, IKM memiliki berbagai keuntungan dalam proses pengembangan produk, diantaranya adalah pendeknya proses pengambilan keputusan dalam pengembangan produk akibat tingkatan manajemen yang sedikit, integrasi fungsional yang kuat, rendahnya perlawanan pada aktivitas perubahan dan memiliki atmosphere yang lebih ramah pada aktivitas inovasi (Tidd dkk, 2005).

Selain keuntungan, isu dalam pengembangan produk di IKM memunculkan kendala terkait peningkatan biaya dan lambatnya pengembangan produk, sehingga melakukan langkah strategis yang lain untuk mendapatkan keunggulan kompetitifnya. Menurut Nicholas, Ledwith dan Perks (2011), kendala yang mempengaruhi kesuksesan pengembangan produk baru di IKM diantaranya adalah kurangnya akses terhadap sumber daya, kurangnya kontak eksternal dan dipengaruhi oleh dominasi kepribadian dari pemilik maupun pimpinannya.

Pada perkembangannya, salah satu isu dalam pengembangan produk adalah ketepatan waktu dan kemampuan fleksibilitas untuk mempercepat proses pengembangan produk baru (Owens dan Davies, 2000). Daya saing perusahaan tergantung pada kemampuannya untuk memproduksi produk dengan kualitas yang selalu meningkat, mengurangi biaya, dan *time-to-market* yang cepat (Hicks et al., 2002). Pengembangan produk kolaboratif merupakan strategi yang tepat masuk ke pasar baru (Hung et al., 2007). Dengan *product platform* dan *product families* menjadi salah satu cara taktis yang memungkinkan dalam penerapan strategi tersebut, dimana strategi bisnis dari pengembangan produk yaitu berupa peningkatan kepuasan konsumen, mengurangi *lead-time* dan menekan biaya dapat dilakukan melalui penerapan *product family* (Lange dan Imsdahl, 2014). *Product Family* adalah sekelompok produk terkait berdasarkan platform produk yang sama atau mungkin serupa dalam fitur, fungsi, komponen, proses manufaktur, urutan proses dan/atau rute, dengan menyediakan berbagai produk untuk mencapai skala ekonomi dan mengakomodasi berbagai variasi produk yang disesuaikan untuk memenuhi berbagai segmen pasar (Liu et al., 2014; AlGeddawy, 2014; Xiao dan Cheng, 2016).



Latar belakang tersebut mendasari pentingnya menciptakan strategi keunggulan kompetitif melalui proses pengembangan produk baru pada sebuah industri agar dapat bertahan dalam jangka waktu lama di persaingan usaha. Sehingga dibutuhkan perancangan kerangka kerja atau *framework* guna mendukung kesuksesan pengembangan produk baru berbasis *product family* sebagai salah satu keunggulan kompetitif bagi industri kecil menengah di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta.

2. Metodologi

Penelitian ini akan mempertimbangkan *product family* sebagai cara taktis dalam strategi pengembangan konsep produk baru di industri kecil menengah. Studi kasus penelitian akan dilakukan pada lingkup industri kecil dan menengah di wilayah Yogyakarta yang telah beroperasi dan berproduksi lebih dari 2 tahun, dengan cakupan pasar local maupun nasional.

Partisipan responden yang menjadi data primer sebagai dasar pengembangan konsep produk baru merupakan konsumen dari masing-masing industri yang telah menggunakan produknya sehingga memahami dengan detail dari karakter produk beserta perusahaan yang memproduksinya. Hal ini dilakukan untuk mengurangi bias pada penggambaran kebutuhan atau keinginan produk baru yang diinginkan oleh konsumen untuk kemudian dikembangkan oleh sebuah perusahaan tertentu.

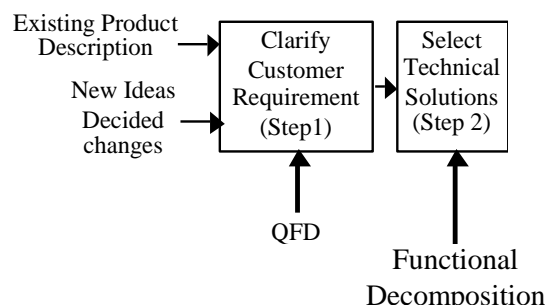
Tahapan dalam penelitian ini dibagi kedalam 4 bagian besar seperti pada Gambar 2.2.

2.1. Bagian Pertama: Pernyataan Masalah

Tahapan ini mendefinisikan permasalahan terkait proses pengembangan konsep produk baru yang ada di lingkungan industri kecil menengah di Yogyakarta. Pendefinisian masalah dilakukan dengan metode wawancara kepada pemilik dan bagian terkait dari masing-masing industri tersebut.

2.2. Bagian Kedua: Pengembangan Produk Modular

Penelitian ini memiliki tahapan-tahapan pelaksanaan yang mengacu pada metode yang dikembangkan oleh Erixon (1998), yaitu *Modular Function Deployment (MFD)* yang memiliki 5 tahapan. Dengan studi kasus yang dilaksanakan pada IKM, penelitian ini melakukan penyesuaian dan fokus dalam 2 tahapan pertama dari keseluruhan tahapan MFD seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1., yaitu tahapan deskripsi kebutuhan konsumen dan pemilihan solusi teknis.



Gambar 2.1. Penyesuaian Tahapan MFD

Pada tahapan pertama akan dilakukan dengan metode *quality function deployment* (QFD), dan pada tahap kedua akan dilakukan dengan pendekatan 3 metode, yaitu *Pugh Selection Matrix* (Pugh, 1990), *function and means tree* (Svendsen dan Hansen, 1993), dan *axiomatic design* (Suh, 2001).

Tahapan pertama menjelaskan kebutuhan atau keinginan konsumen menggunakan pendekatan *quality function deployment* (QFD). Penerapan QFD dilakukan dengan pembangunan *House of Quality (HoQ)*. Data yang dibutuhkan dalam tahapan ini adalah data kebutuhan dan keinginan dari konsumen (*Voice of Customer*). Pengumpulan data dilakukan dengan metode

wawancara dan kuisioner kepada 30 partisipan yang merupakan konsumen dari masing-masing perusahaan. Langkah ini dilakukan berdasarkan metode yang dilakukan Griffin dan Hauser (1993), yang menyatakan estimasi bahwa 90% kebutuhan konsumen pada sebuah produk tertentu dapat diketahui setelah melakukan 30 wawancara. Pertanyaan dalam interview dan kuisioner terdiri dari kriteria yang diharapkan pada sebuah perusahaan dan produknya beserta peringkatnya dan posisi terhadap produk pesaing, proses dan kondisi perusahaan, kebutuhan fungsi dari kriteria pada sebuah produk, dan parameter-parameter desain yang ada pada sebuah produk.

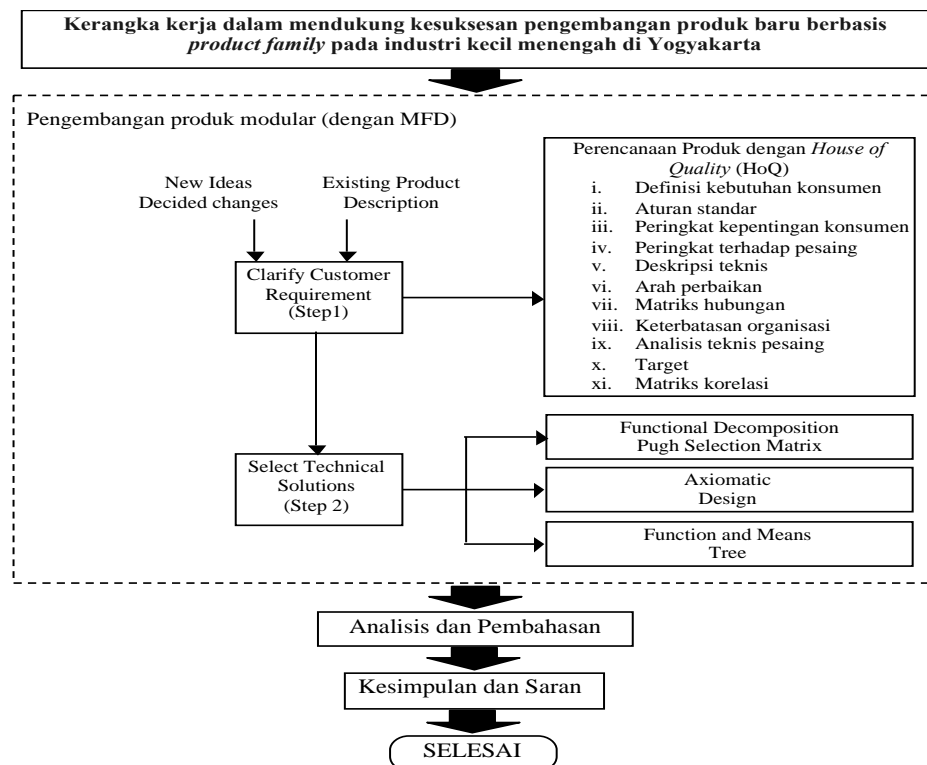
Tahapan kedua merupakan analisis fungsi dan penetapan solusi teknikal yang mendukung kesuksesan pengembangan produk baru. Langkah tersebut terdiri dari identifikasi dari beberapa fungsi dan sub-fungsi pada sebuah produk yang memenuhi tuntutan atau kebutuhan dan pemilihan solusi teknis yang sesuai. Hal tersebut dilakukan dengan memecahkan produk ke dalam fungsi dan solusi teknis yang sesuai atau sama, dan umumnya disebut sebagai dekomposisi fungsional (Erixon, 1998). Metode untuk melakukan dekomposisi fungsional menggunakan pendekatan *Pugh Selection Matrix*, *Function and Means Tree*, dan *Axiomatic Design*.

2.3. Bagian Ketiga: Analisis dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dilakukan pembahasan terkait analisis kebutuhan konsumen dan penggunaan metode dalam analisis fungsi dan pemilihan solusi teknikal yang diterapkan pada industri skala kecil dan menengah. Pembahasan akan dilakukan terkait kemudahan dan keakuratan penggunaannya pada perancangan produk baru di industri kecil menengah.

2.4. Bagian Keempat: Kesimpulan dan Saran

Peneliti akan mengambil kesimpulan dari hasil analisis setiap tahapan pengembangan konsep produk baru ini. Saran akan diberikan oleh peneliti terkait strategi dari peningkatan dan upaya mempercepat pengembangan *product family* sebagai cara taktis dalam strategi pengembangan produk baru sehingga para industri kecil menengah di wilayah D.I.Yogyakarta memiliki keunggulan kompetitif dan dapat bersaing di pasar persaingan nasional maupun global.



Gambar 2.2 Tahapan Penelitian



3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini mempelajari proses pengembangan produk baru pada tingkatan industri skala kecil dan menengah di daerah Yogyakarta, dengan pemilihan kriteria industri mengikuti ketentuan Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia nomor 64/M-IND/PER/7/2016. Studi kasus dilakukan pada 2 kelompok industri yang memiliki pasar tingkat nasional maupun luar negeri, dengan produk yang dihasilkan terdiri dari berbagai kategori atau variasi produk. Pada industri kecil dilakukan pada kelompok produksi anyaman menjadi produksi fashion, sedangkan industri menengah dilakukan pada kelompok produksi olahan kulit menjadi produk fashion (tas, dompet, dll).

Untuk menghasilkan produk sukses dipasar, perusahaan harus memahami kebutuhan dan keinginan dari setiap konsumennya. Sebagai langkah awal dalam memahami kebutuhan konsumen adalah melakukan identifikasi atribut dan konsekuensi konsumen terhadap atribut tersebut. Atribut merupakan fisik ataupun karakter abstrak yang dimiliki oleh sebuah perusahaan dan produknya, dengan konsekuensi merupakan hasil dari penggunaan atribut tersebut. Dalam penelitian ini variabel atribut mengacu kepada tulisan Henard dan Szymanski (2001), sedangkan indikator (konsekuensi) mengacu kepada tulisan Cooper (1979).

Proses pengambilan data kebutuhan atau keinginan konsumen (*Customer Requirement*), dilakukan dengan metode wawancara kepada 30 partisipan yang merupakan konsumen yang telah menggunakan atau memahami produk dari setiap industri. Dalam proses wawancara, dilakukan tanya jawab yang mendetil terkait perusahaan dan produknya. Pertanyaan yang diberikan kepada partisipan terdiri dari:

- i. Kebutuhan terpenting pada sebuah produk?
- ii. Bagian terpenting yang ada pada produk?
- iii. Pemahaman partisipan pada karakteristik produk?
- iv. Pemahaman partisipan pada karakter strategi perusahaan?
- v. Pemahaman partisipan pada karakter proses perusahaan?
- vi. Pemahaman partisipan pada karakteristik pasar?

Hasil dari wawancara tersebut merupakan *voice of customer (VoC)* dari masing-masing industri yang hasilnya dikelola menggunakan *affinity diagram* seperti dalam Tabel 3.1., dan konsekuensi yang didapatkan dikelompokkan berdasarkan kemiripan untuk memperjelas input dari partisipan.



Tabel 3.1. Affinity Diagram

Atribut	Konsekuensi
Karakteristik Produk	Keunggulan Produk
	Pemenuhan Kebutuhan Konsumen
	Harga Produk
	Kepuasan pada Teknologi
	Inovasi Produk
Karakteristik Strategi Perusahaan	Sinergi Pemasaran
	Sinergi Teknologi
	Sumber Daya Manusia
	Sumber Daya Riset Dan Pengembangan
Karakteristik Proses Perusahaan	Kecakapan Dalam Persiapan Pengembangan
	Kecakapan Pemasaran
	Orientasi Pasar
	Input Konsumen
	Dukungan Senior Manajer
Karakteristik Pasar	Intensitas Respon Kompetisi
	Pasar Potensial

Dalam tahapan deskripsi kebutuhan konsumen (*clarify customer requirement*) dengan pendekatan QFD, dilakukan pembangunan *house of quality* (HoQ). Dalam pembangunan HoQ, setiap konsekuensi dalam masing-masing atribut dilakukan pemeringkatan dari nilai 1 hingga 5, berdasarkan kepentingan pada sebuah perusahaan beserta produknya dengan nilai 5 adalah nilai paling penting. Pemeringkatan kepentingan dilakukan melalui survey kepada sejumlah responden.

Kemudian dilangkah selanjutnya, diperlukan informasi terkait perusahaan kompetitor yang memproduksi produk sejenis, untuk kemudian akan dilakukan survey kedua yang melakukan pemeringkatan masing-masing konsekuensi yang diaplikasikan kepada semua produk dari perusahaan kompetitor menggunakan skala Likert dari nilai 1 hingga 5. Rata-rata dari pemeringkatan tersebut akan dihitung dan dirangkum dalam tabel nilai bobot pemeringkatan produk dan perusahaan pesaing.

Tahapan selanjutnya adalah pembangunan kebutuhan teknis terhadap perusahaan beserta produknya. Kebutuhan teknis merupakan spesifikasi desain yang dapat memuaskan kebutuhan atau keinginan konsumen. Pada bagian ini merupakan aspek penting yang menjadi kontrol perusahaan dan fokus kepada proses perancangan produk baru yang lebih spesifik dan terukur yang dapat memastikan bahwa produk akhir dan kondisi perusahaan dan strateginya sesuai dengan keinginan dan kebutuhan konsumen. Metode diskusi dilakukan pada tahapan ini dengan bagian pemasaran, bagian teknis, bagian pengembangan dan didukung dengan sumber lain berupa dokumen standard kerja dan produk seperti SNI dan ISO.

Tahapan berikutnya berupa membangun matriks hubungan (keterkaitan) dengan cara menentukan hubungan antara kebutuhan konsumen dengan kemampuan perusahaan dalam memenuhi kebutuhan tersebut. Pertanyaan yang disampaikan tim adalah “seberapa kuat hubungan antara deskripsi teknis dengan kebutuhan konsumen?” dengan nilai hubungan berupa tingkatan “lemah” dengan nilai angka 1, “cukup” dengan nilai angka 3 dan “kuat” dengan nilai angka 9.

Tahapan analisis teknis produk pesaing akan melakukan perbandingan deskripsi teknis dari produk pesaing untuk memahami persaingan. Dari setiap deskripsi teknis ditetapkan nilai target yang merepresentasikan seberapa banyak dari deskripsi teknis dan tindakan yang dilakukan



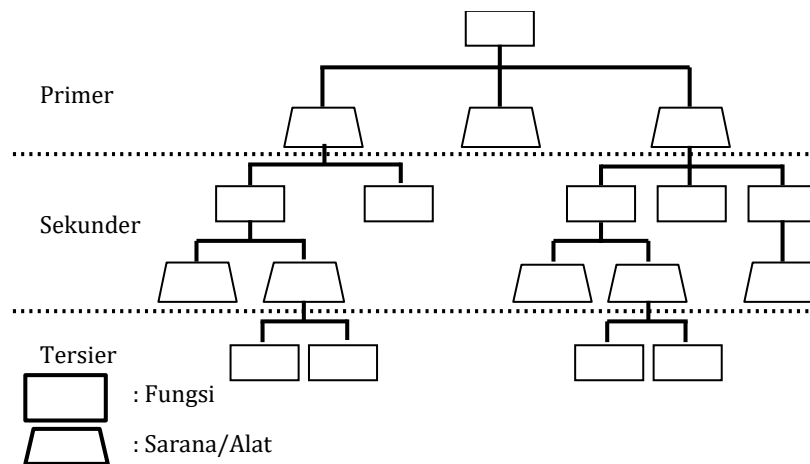
sebagai dasar perbandingan. Kemudian akan dihitung nilai kepentingan absolut untuk masing-masing deskripsi teknis sehingga dapat diketahui aspek teknis dari produk yang paling penting.

Hasil dari QFD pada tahapan pertama telah menggambarkan persyaratan dan kebutuhan pada pengembangan produk baru oleh sebuah perusahaan dari sudut pandang konsumen. Dari desain yang ada, untuk melanjutkan ke proses selanjutnya maka dibutuhkan pandangan teknis yang lebih banyak dan lengkap yang dapat dilakukan dengan meninjau produk dan perusahaannya dari sudut pandang fungsional. Langkah tersebut terdiri dari identifikasi dari beberapa fungsi dan sub-fungsi pada sebuah produk beserta perusahaannya yang memenuhi kebutuhan dan pemilihan solusi teknis yang sesuai untuk kesuksesan pengembangan produk baru. Hal tersebut dilakukan dengan memecahkan produk ke dalam fungsi dan solusi teknis yang sesuai atau sama, dan umumnya disebut sebagai dekomposisi fungsional (Erixon, 1998). Dalam penelitian ini akan menggunakan 3 metode yang kemudian akan dibandingkan untuk mendapatkan kesimpulan penggunaan metode tersebut yang memungkinkan dan mudah diaplikasikan pada industri kecil menengah.

Metode pertama menggunakan pendekatan *Pugh Selection Matrix* yang memiliki dua bagian utama, yaitu bagian pertama penyaringan konsep dengan tujuan untuk mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep, dan bagian kedua adalah penilaian konsep yang digunakan agar peningkatan jumlah alternative solusi dapat dibedakan lebih baik di antara kumpulan konsep. Pada bagian kedua memberikan bobot kepentingan relatif untuk setiap kriteria seleksi dan memfokuskan pada hasil perbandingan yang lebih baik dengan penekanan pada setiap kriteria. Nilai konsep ditentukan oleh jumlah terbobot dari nilai. Masing-masing bagian terdiri dari enam tahapan yang dimulai dari persiapan matriks seleksi, penilaian konsep, perangkingan konsep, meningkatkan dan mengkombinasikan konsep, pemilihan konsep, merefleksikan pada hasil dan proses. Dalam penilaian konsep di bagian pertama, nilai relatif yang digunakan “*better than*” (+), “*same as*” (0), atau “*worse than*” (-) yang diletakkan di setiap sel matriks untuk memperlihatkan bagaimana setiap konsep dinilai terhadap konsep referensi untuk kriteria tertentu. Tahapan rangking konsep pada bagian pertama, dilakukan untuk menjumlahkan nilai “*better than*”, “*same as*”, dan “*worse than*”, yang kemudian mencatat jumlah untuk setiap konsep pada baris bagian bawah dari matrik.

Metode kedua menggunakan pendekatan *Function-Means Tree* yang digunakan untuk menggambarkan bagian primer dan sekunder dari desain fungsi dan alat. *Function-Means Tree* terdiri dari daftar atribut, tujuan dan kendala serta spesifikasi rancangan. Diawali dengan menentukan fungsi primer yang dibutuhkan yang akan ditempatkan pada tingkatan yang paling atas dari urutan pohon, kemudian yang digambarkan pada tingkatan dibawahnya adalah daftar berbagai alat dimana dapat diterapkan pada setiap fungsi, dan tahapan yang digambarkan pada tingkatan dibawahnya yaitu menetapkan fungsi sekunder yang akan dihasilkan dari penerapan pada setiap alat yang ada seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. (Dym dan Little, 2000). Pohon akan tetap berlanjut secara bergantian antara alat dan fungsi hingga mencapai hasil atau titik henti yang bisa diterima.





Gambar 3.1. *Function-Means Tree*

Metode ketiga menggunakan pendekatan *Axiomatic design (AD)* yang mendefinisikan desain sebagai kreasi dari sintesa solusi dalam bentuk produk, proses dan system yang memberikan kepuasan pada kebutuhan konsumen melalui pemetaan *functional requirement (FR)* dalam domain fungsional dan *design parameter (DP)* dari domain fisik melalui pemilihan parameter desain (DP) yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan fungsi (Suh, 2001). Dalam memahami *axiomatic design* akan didefinisikan elemen dasar yang terdiri dari *functional requirement (FR)*, *design parameter (DP)*, *constraint (Cs)* dan *process variabel (PV)*. Proses *axiomatic design* dapat dimodelkan dalam 3 domain, yaitu: fungsional, fisik dan proses. Tahapan aplikasi *axiomatic design* dalam desain proses mengikuti tahapan sebagai berikut:

1. Mendefinisikan level teratas FR untuk sistem yang didesain.
2. Menentukan DP yang berhubungan dengan FR (*ziggig*).
3. Sebelum proses ke level berikutnya, harus dipenuhi aksioma 1, yaitu *independence axiom*, yang dapat dipenuhi jika desain *uncoupled* atau *partially coupled*.
4. Level selanjutnya dari FR akan dilakukan jika satu *independence axiom* sudah terpenuhi (*zagging*).
5. Susun matrik desain yang terdiri dari elemen FR dan DP:
 - a) Susun matrik desain yang terdiri dari: $[FR] = [A] [DP]$.
 - b) Tentukan DP yang mempengaruhi FR berdasarkan kondisi desain fisik.
 - c) Beri notasi X untuk DP yang mempengaruhi FR dan notasi 0 untuk DP yang tidak mempengaruhi FR.
 - d) Susun persamaan hubungan antara FR dan DP dengan A yang menyatakan elemen matrik desain yang menunjukkan efek perubahan DP terhadap FR.

$$\begin{pmatrix} FR\ 1.1.1 \\ FR\ 1.1.2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} DP1.1.1 \\ DP1.1.2 \end{pmatrix} \quad (1)$$

- e) Tentukan pola matrik desain *coupled* atau *uncoupled*, jika matrik desain berupa *coupled* maka lakukan proses *decoupled*.
- f) Proses *decoupled* dilakukan dengan mengubah desain, yaitu dengan menambah DP baru atau mengurangi DP yang ada.
- vi. Susun matrik desain yang baru setelah dilakukan proses *decoupled*.



4. Kesimpulan dan Saran

Kendala pada Industri Kecil Menengah adalah lambatnya proses pengembangan produk baru. Mengatasi hal tersebut, pengembangan produk baru berbasis *product family* menjadi salah satu cara taktis yang memungkinkan dalam penerapan strategi yang tepat masuk ke pasar baru. Penerapan *product family* dapat meningkatkan kepuasan konsumen, mengurangi *lead-time* dan menekan biaya dalam pengembangan produk baru.

Penelitian ini mengambil studi kasus pada lingkup industri kecil dan menengah di wilayah Yogyakarta yang telah beroperasi dan memproduksi lebih dari 2 tahun, dengan cakupan pasar local maupun nasional. Tahapan pelaksanaan mengacu pada metode *Modular Function Deployment (MFD)* yang dilakukan penyesuaian dan fokus pada 2 tahapan pertama dari keseluruhan tahapan MFD yaitu tahapan deskripsi kebutuhan konsumen dan pemilihan solusi teknis. Tahap pertama menerapkan QFD melalui pembangunan *House of Quality* untuk mendeskripsikan kebutuhan konsumen (*customer requirement*). Tahapan kedua menggunakan pendekatan *axiomatic design*, *function and means tree*, dan *Pugh Selection Matrix* untuk melakukan analisis fungsi dan penetapan solusi teknis yang dilakukan dengan memecahkan produk ke dalam fungsi dan solusi teknis yang sama atau umum disebut dekomposisi fungsional. Dalam pengembangan kerangka kerja ini, pada tahapan kedua dipilih salah satu dari tiga metode yang digunakan tersebut, dengan mempertimbangkan ketepatan dan kemudahan penerapan pada sebuah industri kecil dan menengah.

Variabel atribut dalam penelitian ini terdiri dari karakteristik produk, karakteristik strategi perusahaan, karakteristik strategi perusahaan dan karakteristik strategi perusahaan, dengan 16 indikator sebagai konsekuensi dari masing-masing atribut tersebut. Dalam HoQ masing-masing konsekuensi dilakukan pemeringkatan yang didapatkan melalui proses kuisioner.

Daftar Pustaka

- AlGeddawy, T., 2014, A DSM Cladistics model for product family architecture design, *Procedia CIRP*, 21, pp. 87-92.
- Badan Ekonomi Kreatif, 2016, Kebijakan dan Strategi Pengembangan Ekonomi Kreatif, akses online 13 Juni 2017, URL: [https://www.ekon.go.id/ekliping/download/2252/1665 /bahan-paparan-umm.pptx](https://www.ekon.go.id/ekliping/download/2252/1665/bahan-paparan-umm.pptx).
- Badan Ekonomi Kreatif, 2017, Subsektor B, akses online 6 Juni 2017, URL: <http://www.bekraf.go.id/subsektor>.
- Cooper, R. G., 1979, The Dimensions of Industrial New Product Success and Failure, *Journal of Marketing*, Vol. 43 No 3, pp. 93-103.
- Dym, C. L., & Little, P., 2000, Engineering design: A project based approach.
- Erixon G., 1998, Modular Function Deployment – A Method for Product Modularization, *Doctoral Thesis*, KTH, Stockholm.
- Griffin, A., & Hauser, J. R., 1993, The voice of the customer. *Marketing science*, 12(1), pp. 1-27.
- Henard, D., H and Szymanski, D., M., 2001, Why Some New Products Are More Successful Than Others, *Journal of Marketing Research*, Vol. 38, No. 3, pp. 362-375.
- Hicks, B. J., Culley, S. J., Allen, R. D. and Mullineux, G., 2002, A Framework for the Requirements of Capturing, Storing and Reusing Information and Knowledge in Engineering Design, *International Journal of Information Management*, Vol. 22, no. 4, pp. 263-280.
- Hung H. F., Kao H. P., Chu Y. Y., 2007, An empirical study on knowledge integration, technology innovation and experimental practice, *Expert Systems with Applications*, 36(4).
- Kementerian Perindustrian, 2017, Menperin Fokus Tingkatkan Daya Saing, Populasi dan Tenaga Kerja IKM, akses online 22 Mei 2017, URL: <http://www.kemenperin.go.id/artikel/16808/Menperin-Fokus-Tingkatkan-Daya-Saing-Populasi-dan-Tenaga-Kerja-IKM>.
- Kementerian Perindustrian, 2017, Industri Kreatif Dituntut Inovatif Agar Produktif, akses online 23 Mei 2017, URL: <http://www.kemenperin.go.id/artikel/17272/Industri-Kreatif-Dituntut>



- Inovatif-Agar-Produktif*.
Kementerian Perindustrian, 2017, Inovasi jadi Kunci Sukses IKM Berdaya Saing, akses online 23 Mei 2017, URL: <http://www.kemenperin.go.id/artikel/16493/Inovasi-Jadi-Kunci-Sukses-IKM-Berdaya-Saing>.
- Lange, M. W., & Imsdahl, A., 2014, Modular function deployment: using module drivers to impart strategies to a product architecture. *Advances in Product Family and Product Platform Design*, pp. 91-118.
- Liu, E., Hsiao, S-W., Hsiao, S-W., 2014, A Decision support system for product family design, *Information Sciences*, 281, pp. 113-127.
- Maravelakis, E., Bilalis, N., Antoniadis, A., Jones, K. A., Moustakis, V., 2007, Measuring and Benchmarking the Innovativeness of SME's: A Three-Dimensional Fuzzy Logic Approach, *Journal Production Planning & Control*, Vol. 17, pp. 283-292.
- Nicholas, J., Ledwith, A., Perks, H., 2011, New product development best practice in SME and large organisations: theory vs practice, *European Journal of Innovation Management*, Vol. 14 Issue: 2, pp. 227-251.
- Owens, J. D. and Davies, J., 2000, The importance of a new product development (NPD) process: getting started, *1st European Conference on Knowledge Management*, Bled School of Management, Bled, 26-27 Oktober.
- Owens, J. D., 2007, Why Do Some UK Smes Still Find The Implementation Of A New Product Development Process Problematical?: An Exploratory Investigation, *Management Decision*, Vol. 45 Issue: 2, pp. 235-251.
- Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia, 2016, Nomor 64/M-IND/PER/7/2016, *tentang besaran jumlah tenaga kerja dan nilai investasi untuk klasifikasi usaha industri*.
- Pugh, S., 1990, *Total Design - Integrated Methods for Successful Product Engineering*, Addison-Wesley, MA.
- Svendsen, K. H., Hansen, T., 1993, Decomposition of mechanical system and breakdown of specifications, *ICED '93*.
- N. P. Suh, 2001, *Axiomatic Design: Advances and Applications*, Oxford University Press, New York.
- Tidd, J., Bessant, J. and Pavitt, K., 2005, *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*, Wiley, Chichester.
- Widagdo, K. P., 2014, IKM di Indonesia: Permasalahan, dan Strategi Pengembangannya, akses online 15 Juni 2017, URL: <http://bdiyogyakarta.kemenperin.go.id/news/post/2014/04/15/117/ikm-di-indonesia:-permasalahan-dan-strategi-pengembangannya>.
- Xiao, R., Cheng, X., 2016, A systematic approach to coupling disposal of product family design (part 1): methodology, *Procedia CIRP*, 53, pp. 21-28.
- Yuktyanta, H. B., 1998, *Pengembangan Produk Baru sebagai Alat Strategies untuk Meraih Keunggulan Pasar yang Bersaing*. Universitas Indonesia, Jakarta.



Pola Siklus Hidup Produk-Produk Kendaraan Bermotor Roda Empat Di Indonesia

Citrasari Andadari, Subagyo

Program Studi Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
Jalan Grafika No 2, Yogyakarta, 55281
E-mail: citrasari.andadari@gmail.com

Intisari

Pertumbuhan pasar mobil jenis penumpang di Indonesia relatif tinggi, misalnya untuk tahun 2008-2015 pertumbuhannya mencapai 85,62%. Pertumbuhan ini juga diiringi dengan jumlah model-model dalam setiap segmen kendaraan roda empat yang pada tahun 2008-2015 mencapai sebesar 43%. Semakin kompetitifnya pasar otomotif pada jenis mobil penumpang di Indonesia dan siklus hidupnya yang pendek sehingga diperlukan adanya penelitian mengenai model prediksi siklus hidup produk kendaraan roda empat di Indonesia dan mengidentifikasi hal yang mempengaruhi pola siklus di Indonesia. Dalam makalah ini disajikan pola siklus hidup produk-produk kendaraan penumpang roda empat untuk berbagai segmen. Pola siklus hidup yang ditinjau tidak hanya untuk peluncuran perdana, namun juga mencakup pembaharuan model produk—minor dan mayor. Model prediksi dibangun berdasarkan pada Model Bass dengan mempertimbangkan jenis pembaruan dan tanpa mempertimbangkan jenis pembaruan. Hasilnya menunjukkan bahwa model yang dibangun telah mampu merepresentasikan karakter kehidupan produk-produk kendaraan penumpang roda empat yang ada di pasar Indonesia. Prediksi siklus hidup kendaraan roda empat jenis mobil penumpang di Indonesia yang dilakukan dengan mempertimbangkan jenis pembaruan saat menggunakan nilai market size yang tepat mampu meningkatkan akurasi prediksi dengan MAPE yang dihasilkan sebesar 44,38%-38,9% sedangkan prediksi tanpa mempertimbangkan jenis pembaruan menghasilkan MAPE sebesar 55,56%-42,84% dengan menggunakan jumlah produk analogi yang sama yang berjumlah 1-4 produk. Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi penjualan kendaraan roda empat di Indonesia yang akan berdampak pada pola siklusnya yaitu resesi global, bencana alam di Thailand dan Jepang, Hari Raya Idul Fitri dan diskon akhir tahun.

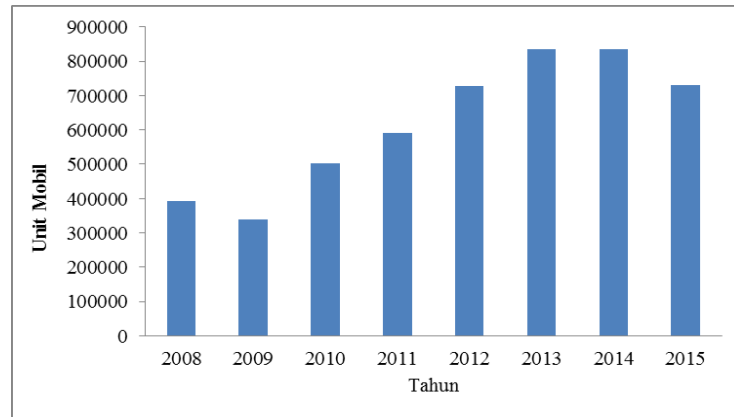
Kata Kunci: Mobil penumpang, Model bass, Prediksi, Siklus hidup produk.

1. Pendahuluan

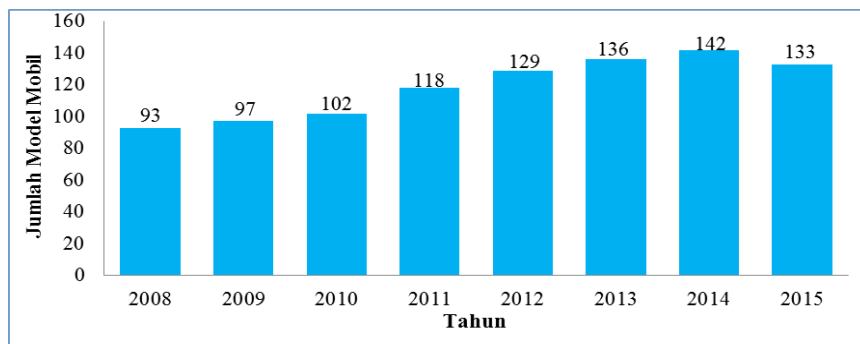
1.1. Latar belakang

Semakin lama suatu industri berkembang dan dibutuhkan oleh pasar, maka semakin banyak pemain yang terlibat dalam industri tersebut sehingga menyebabkan kompetisi dalam memenangkan pasar semakin ketat (Smith, 2004). Salah satu industri yang berkembang di Indonesia adalah industri kendaraan roda empat pada jenis mobil penumpang, hal itu terlihat dari bertumbuhnya pasar mobil penumpang sebesar 85.62% dari data penjualan mobil penumpang tahun 2008-2015 seperti dalam Gambar 1 dan meningkatnya jumlah model mobil penumpang (nama mobil yang dikeluarkan oleh perusahaan mobil) pada tahun tersebut seperti terlihat dalam Gambar 2.





Gambar 1. Penjualan mobil penumpang tahun 2008-2015 (gaikindo tahun 2008-2015)



Gambar 2. Jumlah model mobil penumpang di Indonesia tahun 2008-2015
(gaikindo tahun 2008-2015)

Produk yang telah diluncurkan ke pasar tersebut umumnya akan melalui 4 tahapan pertumbuhan penjualan dalam suatu siklus hidup produk yaitu *introduction*, *growth*, *maturity* dan *decline* (Sharma, 2013) namun panjang siklus hidup produk dan kecepatan suatu produk dalam melalui tahapan pada setiap produk tidak selalu sama bergantung dari permintaan pasar dan situasi kompetitif yang dialami produk dari waktu ke waktu (Avvari dan Krishnaswamy, 2006 dalam Hallberg *et al.*, 2014).

Goldman (2012) dalam Masura (2013) menyatakan bahwa produk mobil rata-rata memiliki umur siklus hidup antara 5 hingga lebih dari 10 tahun, namun produk mobil di Indonesia memiliki usia siklus hidup lebih pendek dari itu yaitu rata-rata 2,5 tahun. Siklus hidup produk kendaraan roda empat di Indonesia ini terjadi dikarenakan adanya pembaruan produk yang dibedakan menjadi dua jenis yaitu *minor model change*(MMC)/*facelift* dan *major change/full model change*(FMC) /*new generation* dan juga produk yang baru pertama kali diperkenalkan secara perdana di Indonesia. Pola suatu siklus hidup produk akan dipengaruhi oleh jumlah penjualan aktual setiap bulan (Radas, 2006) sehingga suatu perusahaan yang dapat memprediksi penjualan produk baru serta perpindahan dari satu tahap ke tahap lainnya dalam suatu siklus hidup produk baru akan cenderung dapat mengelola penjualan dikarenakan menggunakan strategi yang sesuai sehingga dapat bertahan pada situasi yang berubah.

Berdasarkan uraian tersebut, dengan semakin banyak model mobil yang bermunculan dalam industri kendaraan roda empat di Indonesia serta siklus hidup pembaruan produk kendaraan roda empat di Indonesia yang pendek mengakibatkan persaingan dalam industri tersebut semakin kompetitif sehingga perusahaan dituntut untuk mampu memprediksi siklus hidup produk agar dapat menggunakan strategi yang sesuai untuk menjaga keberlanjutan bisnisnya. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian untuk pembangunan model prediksi siklus hidup produk kendaraan roda

empat di Indonesia dan hal-hal yang mempengaruhi penjualan produk tersebut yang akan berpengaruh terhadap pola siklus hidupnya.

1.1 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, diketahui bahwa industri kendaraan roda empat di Indonesia semakin kompetitif dan siklus hidup produk kendaraan roda empat di Indonesia yang pendek menunjukkan perlunya dilakukan penelitian untuk memprediksi siklus hidup produk dan hal yang mempengaruhi penjualan produk tersebut yang berpengaruh terhadap pola siklus hidupnya agar perusahaan mampu menerapkan strategi yang sesuai untuk keberlanjutan bisnisnya.

1.2 Tujuan penelitian

- 1) Membangun model prediksi siklus hidup kendaraan roda empat di Indonesia
- 2) Mengidentifikasi hal yang mempengaruhi penjualan produk kendaraan roda empat di Indonesia yang akan berpengaruh terhadap pola siklus hidup produk tersebut.

2. Metodologi

2.1. Obyek penelitian

Obyek penelitian ini merupakan 26 siklus hidup mobil penumpang di Indonesia yang berasal dari segmen LMPV (*Low Multi Purpose Vehicle*), MPV (*Multi Purpose Vehicle*), LCGC (*Low Cost Green Car*), LSUV (*Low Sport Utility Vehicle*), SUV (*Sport Utility Vehicle*), Hatchback dan City Car.

2.2 Tahapan penelitian

Pada masing-masing siklus hidup dilakukan estimasi nilai parameter p dan q menggunakan Persamaan Bass (1969):

$$S(t) = p m + (q - p) Y(T) - \frac{q}{m} [Y(T)]^2 \quad (1)$$

dengan: $S(t)$: Jumlah produk yang terjual di waktu T

p : Koefisien innovator (individu membeli tanpa dipengaruhi individu lain)

q : Koefisien imitator (individu membeli karena terpengaruh oleh individu lain)

M : Akumulasi penjualan selama satu siklus hidup produk

dengan teknik estimasi NLS (*Nonlinear Least Square*) dan *exogenous* dengan bantuan *software solver*. Setelah didapatkan nilai parameter dilakukan penghitungan *error* pada masing-masing siklus hidup dengan menggunakan *MAPE* dan mengidentifikasi hal-hal yang menjadi penyebab *error*. Tahap selanjutnya membagi data set siklus hidup menjadi 2 kelompok yaitu kelompok analogi dan kelompok target prediksi seperti yang dilakukan dalam Goodwin (2013) dan Wright dan Stern (2015), dalam penelitian ini pengelompokan dilakukan berdasarkan jenis pembaruannya dan juga tanpa mempertimbangkan jenis pembaruan. Setelah itu dilakukan prediksi pada target prediksi dengan nilai M menggunakan data aktual penjualan pada masing-masing siklus target. Prediksi dalam produk target dilakukan dengan 2 teknik, teknik pertama seperti yang dilakukan pada penelitian Goodwin (2013) yaitu dengan memilih sejumlah produk analogi dengan cara *random* dari data set analogi dan menggunakan nilai rata-rata parameter p dan q pada analogi yang terpilih. Jumlah analogi yang dipilih untuk diinvestigasi adalah dari 1 sampai seluruh produk yang terdapat dalam data set analogi. Sedangkan teknik kedua dalam penelitian ini dilakukan dengan mengelompokkan data set analogi dan data set target berdasarkan jenis pembaruannya dan memilih produk analogi dengan cara *random*. Selanjutnya membandingkan *error* hasil prediksi pada data set target tanpa mempertimbangkan jenis pembaruannya dan mempertimbangkan jenis pembaruan.



3. Hasil dan pembahasan

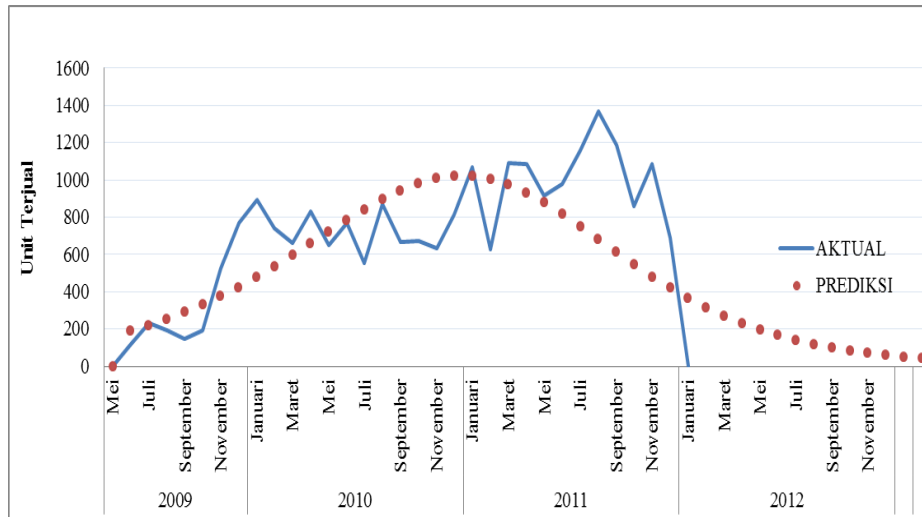
3.1 Nilai estimasi parameter p dan q

Tabel 1. Nilai parameter p dan q masing-masing siklus hidup

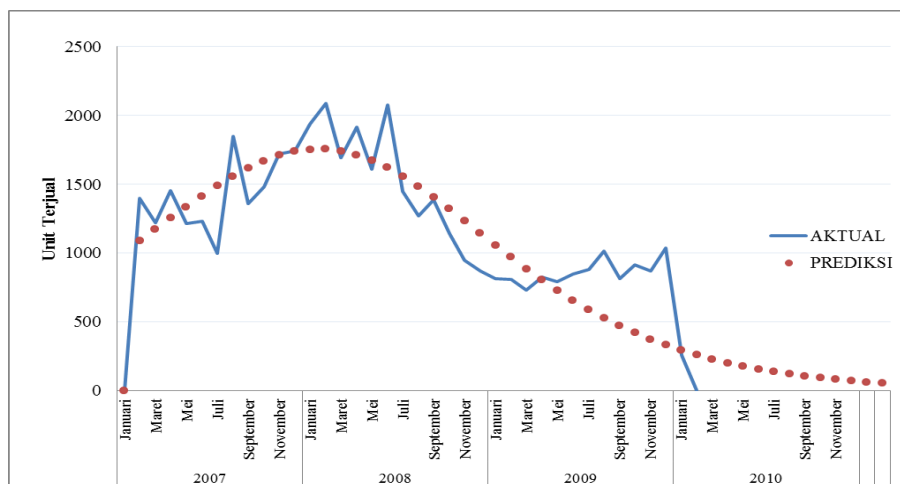
Model	Waktu Peluncuran	Jenis Peluncuran	p	q
Avanza	November 2011	FMC	0,0311	0,1840
Xenia	November 2011	FMC	0,0298	0,2019
Livina	April 2007	Perdana	0,0168	0,0567
Livina	Februari 2011	MMC	0,0164	0,1381
Innova	September 2008	MMC	0,0111	0,1302
Innova	Juli 2011	MMC	0,0241	0,1330
Freed	Juni 2009	Perdana	0,0218	0,0879
Splash	Maret 2010	Perdana	0,0143	0,1185
Mirage	Januari 2015	MMC	0,0534	0,1633
Jazz	Juli 2008	FMC	0,0380	0,0415
Jazz	Mei 2011	MMC	0,0392	0,1351
Yaris	April 2012	MMC	0,0642	0,1351
Yaris	April 2014	FMC	0,0307	0,0919
Rush	Oktober 2010	MMC	0,0102	0,1301
Rush	September 2013	MMC	0,0581	0,1338
Terios	Oktober 2010	MMC	0,0158	0,1044
Terios	September 2013	MMC	0,0573	0,1436
Crv	Februari 2007	FMC	0,0244	0,1028
Crv	Februari 2010	MMC	0,0412	0,1158
Xtrail	Juli 2008	FMC	0,0318	0,1067
Fortuner	September 2008	MMC	0,0108	0,1284
Fortuner	Juli 2011	MMC	0,0213	0,1440
Pajero	Juni 2009	Perdana	0,0083	0,1600
Pajero	Okt 2011	MMC	0,0318	0,1653
Pajero	Okt 2013	MMC	0,0370	0,0886
Satya	September 2013	Perdana	0,0128	0,1443

Pada Gambar 3-5, disajikan perbandingan hasil estimasi menggunakan Persamaan Bass dengan data aktual. Dari gambar tersebut terlihat secara visual hasil yang cukup representatif.

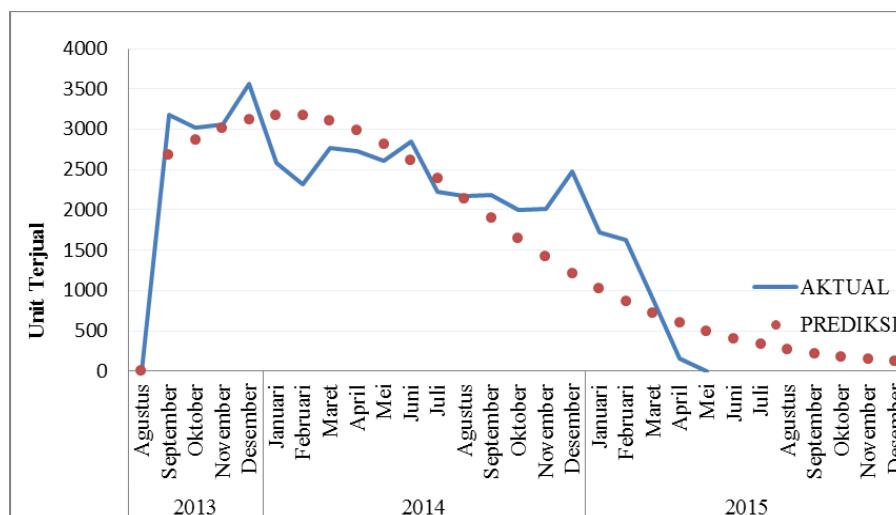




Gambar 3. Pola siklus hidup perdana model pajero juni 2009-desember 2011



Gambar 4. Pola siklus hidup pembaruan fmc model crv februari 2007-januari 2010



Gambar 5. Pola siklus hidup pembaruan mmc model rush september 2013-april 2015



3.2 Error siklus hidup menggunakan nilai estimasi parameter

Rata-rata nilai *MAPE* pada 26 pola siklus hidup yang terbentuk dari Persamaan Bass dengan menggunakan nilai parameter hasil estimasi adalah sebesar 35.96%. *Error* pada siklus hidup masing-masing model terjadi dikarenakan siklus hidup terbentuk dari data aktual penjualan bulanan yang jelas terdapat penurunan dan kenaikan penjualan akibat pengaruh dari faktor eksternal yang dimana hal tersebut tidak sesuai dengan kurva klasik Bass (Radat, 2006). Beberapa hal telah dapat teridentifikasi yang menyebabkan terjadinya *error* diantaranya adalah resesi global, bencana alam, hari raya Idul Fitri dan diskon.

3.3 Nilai *error* hasil prediksi

Nilai *error* hasil prediksi kelompok target dengan tanpa mempertimbangkan jenis pembaruan dan yang mempertimbangkan jenis pembaruan terdapat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Nilai *error* hasil prediksi tanpa mempertimbangkan jenis pembaruan

MODEL	MAPE (%) Pada N (Jumlah Analogi)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	20
TERIOS (MMC)	46,78	49,84	49,91	38,97	34,63	30,40	29,46	29,47	27,03	44,04	34,32	48,79	46,64	48,28	46,94
RUSH (MMC)	100,37	79,01	75,62	75,82	75,01	83,67	70,09	68,95	77,31	66,01	73,99	68,22	68,66	68,02	67,27
SATYA (PERDANA)	54,03	46,28	63,41	38,84	55,70	54,64	47,71	39,75	48,90	45,47	43,19	47,46	48,00	49,56	48,59
PAJERO (MMC)	38,96	31,63	33,80	31,69	33,60	28,54	35,56	26,65	27,10	27,53	27,13	33,59	27,08	30,78	29,26
YARIS (FMC)	46,27	29,11	35,08	22,78	27,45	26,56	25,56	24,60	30,00	30,09	28,59	30,07	29,46	26,03	27,82
MIRAGE (MMC)	52,96	37,94	44,56	48,96	37,95	40,36	38,31	36,74	33,65	34,84	38,94	35,06	32,66	37,69	36,96
RATA-RATA	56,56	45,63	50,40	42,84	44,06	44,03	41,12	37,69	40,67	41,33	41,03	43,86	42,08	43,39	42,81

Tabel 3. Nilai *error* hasil prediksi dengan mempertimbangkan jenis pembaruan

MODEL	MAPE (%) Pada Masing-masing N (Jumlah Analogi)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
TERIOS (MMC)	38,61	37,92	22,44	27,48	24,65	24,34	31,06	22,71	22,11	23,19	25,10
RUSH (MMC)	87,40	80,87	66,37	80,32	53,17	52,87	69,11	59,78	65,08	60,24	63,79
SATYA (PERDANA)	41,33	40,37	36,44	38,86							
PAJERO (MMC)	30,34	28,88	31,49	27,32	31,17	30,25	30,15	30,72	30,09	31,52	31,67
YARIS (FMC)	27,61	21,37	32,77	29,09	34,42						
MIRAGE (MMC)	40,97	27,11	40,37	30,35	39,17	32,82	33,33	33,93	34,56	32,51	34,87
RATA-RATA	44,38	39,42	38,31	38,90	36,52	35,07	40,91	36,79	37,96	36,87	38,86

Dalam penelitian ini nilai *M* menggunakan data aktual penjualan produk seperti dalam penelitian Goodwin et.al (2013), prediksi siklus hidup dengan menggunakan parameter *p* dan *q* yang mempertimbangkan jenis peluncuran pembaruan akan mampu meningkatkan akurasi prediksi jika dibandingkan dengan prediksi tanpa mempertimbangkan jenis peluncuran pembaruan. Peningkatan akurasi prediksi tersebut dapat terlihat pada Tabel 3 yang menunjukkan nilai *error* yang lebih rendah jika dibandingkan dengan Tabel 2 meskipun menggunakan jumlah produk analogi yang sama (1 produk analogi hingga 4 produk analogi). Hal tersebut menunjukkan bahwa setiap jenis peluncuran mobil di Indonesia memiliki pola difusi masing-masing sehingga dengan mempertimbangkan jenis peluncuran saat melakukan prediksi akan mampu meningkatkan akurasi prediksi siklus saat menggunakan nilai estimasi *M* yang tepat. Selain itu nilai *MAPE* yang dihasilkan sebesar 44,37%-38,90% dari prediksi dengan mempertimbangkan jenis peluncuran dan menggunakan nilai *M* yang tepat menunjukkan bahwa model prediksi tersebut menghasilkan akurasi peramalan yang layak, hal itu berdasarkan dari skala penilaian keakuratan peramalan yang dikembangkan oleh Lewis (1982) dalam Lawrence dan Klimberg (2010). Model prediksi tersebut mampu menghasilkan keakuratan peramalan yang lebih baik jika dibandingkan dengan investigasi rata-rata keakuratan peramalan produk baru di 49 perusahaan yang dilakukan dalam penelitian Kahn (2002) yang dalam penelitian tersebut menyatakan rata-rata keakuratan prediksi penjualan produk baru sebesar 58%.



Ketepatan dalam penentuan jumlah *market size* dan pola difusi merupakan hal yang penting bagi *manager* untuk pengambilan keputusan yang bersifat strategi saat terlibat dalam peluncuran produk baru (Bemmoar dan Lee, 2002).

Prediksi siklus hidup produk tanpa mempertimbangkan jenis pembaruan maupun prediksi dengan mempertimbangkan jenis pembaruan akan menghasilkan akurasi prediksi yang lebih baik saat menggunakan jumlah produk analogi lebih dari 1 produk seperti yang diungkapkan dalam penelitian Goodwin et.al. (2013).

4. Kesimpulan

1) Model prediksi siklus hidup kendaraan roda empat di Indonesia dapat dibangun dengan mempertimbangkan jenis pembaruan mobil saat akan diluncurkan ke pasar dan tanpa mempertimbangkan jenis pembaruan mobil saat diluncurkan ke pasar. Prediksi dengan siklus hidup produk dengan mempertimbangkan jenis pembaruan mampu meningkatkan akurasi prediksi dengan MAPE yang dihasilkan sebesar 44,38%-38,9% sedangkan prediksi siklus hidup tanpa mempertimbangkan jenis pembaruan menghasilkan MAPE sebesar 56,56%-42,84% saat menggunakan jumlah produk analogi yang sama yaitu 1-4 produk analogi. Akurasi prediksi akan lebih baik jika jumlah produk analogi yang digunakan untuk prediksi lebih dari 1 produk hal tersebut sesuai dengan penelitian Goodwin *et al.* (2013).

2) Faktor yang mempengaruhi pola penjualan kendaraan roda empat di Indonesia adalah bencana alam, resesi, hari raya dan diskon.

Daftar Pustaka

- Bass, F.M., 1969, "A New Product Growth for Model Consumer Durables", *Management Science*, Vol. 15, No.5, 215-227.
- Bemmoar, A.C., and Lee, J., 2002, "The Impact of Heterogeneity and Ill-conditioning on Diffusion Model Parameter Estimates", *Marketing Science*, **21**, 209–220.
- Goodwin, P., Dyussekenewa, K., and Meeran, S., 2013, "The Use of Analogies in Forecasting The Annual Sales of New Electronics Products", *IMA Journal of Management Mathematics*, **24** (4), pp. 407-422.
- Gaikindo, 2008-2015.
- Hallberg, A., Susana, F., and Myhrman, P., 2014, "How Small Businesses Market Their Product During The Different Phase of The Product Life Cycle: The Case of Swedish Ice Cream Manufactures", *Eurasian Journal of Business and Management*, 2(1), 1-13.
- Kahn, K.B., 2002, An Exploratory Investigation of New Product Forecasting Practices, *The Journal of Product Innovation Management*, **19**, 133-143.
- Lawrence, K.D., and Klimberg, R.K., 2010, *Advances in Business and Management Forecasting*, 1st ed., Emerald, London.
- Radas, S., 2006, "Diffusion Models in Marketing: How to Incorporate The Effect of External Influence?", *Privredna Kretanja i Ekonomska Politika*, Vol 15, No. 105, pp. 30-51
- Sharma, N., 2013, "Marketing Strategy on Different Stages PLC and Its Marketing Implications on FMCG Products", *International Journal of Marketing, Financial Services & Management Research*, Vol. 2, No. 3.
- Smith, K., 2004, *The Oxford Handbook of Innovation: Chapter 6 Measuring Innovation*, Oxford University Press.
- Wright, M.J., and Stern, P., 2015, "Forecasting New Product Trial with Analogous Series, *Journal of Business Research*", Vol.68, pp.1732 – 1738.



KAJIAN LITERATUR PERILAKU RUMAH TANGGA DALAM MENGHASILKAN SAMPAH MAKANAN (*FOOD WASTE*) DI KOTA YOGYAKARTA

Deni Saputra, Anna Maria Sri Asih

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2 Yogyakarta, 5528
Telp. (0274) - 521673
E-mail : denisaputra2016@gmail.com

Intisari

Indonesia adalah salah satu negara dengan penduduk terbanyak di dunia. Indonesia menduduki peringkat ke 4 di dunia setelah China, India, dan Amerika. Jumlah penduduk yang menghuni daerah perkotaan juga mengalami kenaikan setiap tahunnya. Tercatat dalam laporan Badan Pusat Statistik (2014) tentang proyeksi persentase jumlah penduduk perkotaan dari tahun 2010 – 2035 sekitar 66,6%. Hal tersebut juga terlihat dari laju pertambahan jumlah rumah tangga pada tahun 2013 sebanyak 64.041.200 dan mengalami kenaikan pada tahun 2015 menjadi 65.588.400 rumah tangga. Seiring bertambahnya jumlah penduduk dalam suatu kota, maka limbah yang dihasilkanpun semakin besar pula. Komposisi sampah di Indonesia didominasi oleh sampah rumah tangga. Food losses adalah semua bahan material yang bisa dimakan untuk konsumsi manusia, yang timbul pada setiap titik di rantai pasok makanan, yang malah sebaliknya dibuang, hilang, rusak atau dikonsumsi oleh hama. Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya food waste, salah satu yang menjadi penyebab utamanya adalah perilaku konsumen. Penelitian terkait perilaku dari rumah tangga dalam menghasilkan sampah makanan penting dilakukan, dengan harapan bisa ditemukan pola perilaku seperti apa yang akan menghasilkan sampah makanan yang paling banyak. Penelitian ini fokus kepada analisis perilaku rumah tangga dan proses pengambilan keputusan dalam membuang sampah makanan. Penelitian ini berbeda dan menarik untuk dilakukan karena belum ada di Indonesia ini yang melakukan penelitian terhadap pola perilaku rumah tangga dalam membuang sampah makanan. Selain itu pola perilaku di setiap kota pun berbeda-beda, hal ini dikarenakan faktor sosial dan budaya yang ada di setiap kota tersebut. Metode yang dilakukan adalah dengan cara survey dan menganalisis faktor-faktor perilaku yang ada di rumah tangga dalam membuang sampah makanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang berhubungan dengan perilaku rumah tangga dalam membuang sampah makanan dan mengidentifikasi atribut sebagai faktor pembeda perilaku rumah tangga dalam proses pengambilan keputusan saat membuang sampah makanan serta mengetahui proses pengambilan keputusan rumah tangga dengan perbedaan atribut yang mereka miliki. Diharapkan dengan metode yang akan digunakan pada penelitian ini akan menghasilkan pola perilaku rumah tangga dalam membuang sampah makanan.

Kata kunci: Food losses, food Waste, perilaku, rumah tangga

1. Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara dengan penduduk terbanyak di dunia. Indonesia menduduki peringkat ke 4 di dunia setelah China, India, dan Amerika. Pertumbuhan penduduk di Indonesia selalu mengalami kenaikan setiap tahunnya. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik tentang jumlah penduduk Indonesia Tahun 1971-2010 yang menyatakan bahwa pada tahun 1971 jumlah penduduk Indonesia 119 juta penduduk, mengalami perlonjakan penduduk



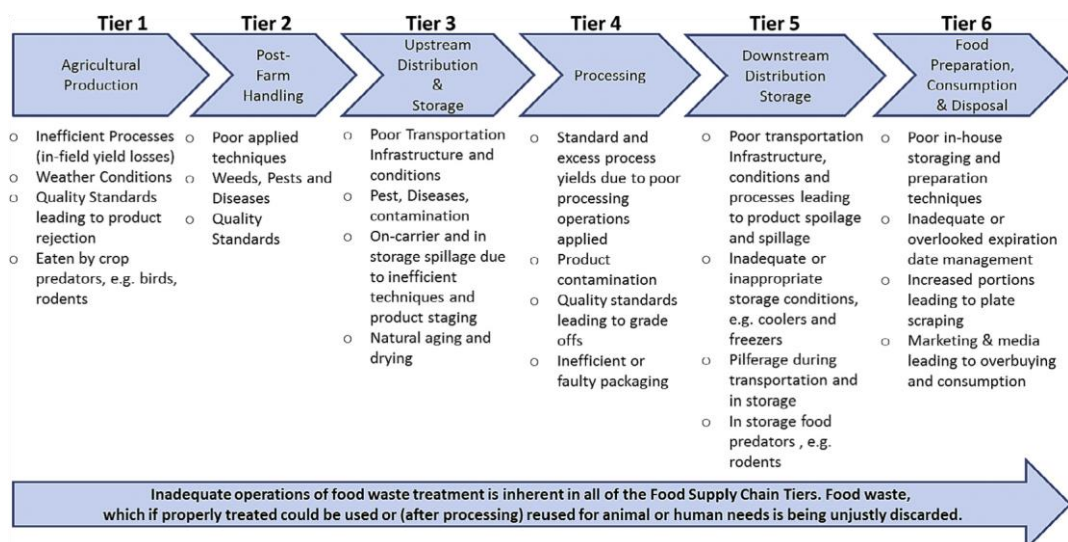
menjadi 237 juta penduduk di tahun 2010 (Badan Pusat Statistik, 2012). Jumlah penduduk yang menghuni daerah perkotaan juga mengalami kenaikan setiap tahunnya. Tercatat dalam laporan Badan Pusat Statistik (2014) tentang proyeksi persentase jumlah penduduk perkotaan dari tahun 2010 – 2035 diproyeksikan setiap 5 tahun sekali adanya peningkatan jumlah penduduk perkotaan yang berarti jumlah penduduk di pedesaan mengalami penurunan. Pertumbuhan jumlah rumah tangga di Indonesia juga mengalami kenaikan setiap tahunnya. Berdasarkan dari catatan Badan Pusat Statistik bahwa jumlah rumah tangga pada tahun 2013 sebanyak 64.041.200 rumah tangga, pada tahun 2014 mengalami kenaikan yakni sebanyak 64.771.600 rumah tangga, dan pada tahun 2015 juga mengalami kenaikan sebanyak 65.588.400.

Seiring pertambahan jumlah penduduk di perkotaan, maka limbah yang dihasilkan didalam suatu kota semakin besar pula. Volume sampah ini meningkat tajam dari 2010 – 2012. Volume sampah per hari pada 2010 mencapai 200.000 ton, dan pada 2012 meningkat dua kali lipat lebih yakni 490.000 ton per hari atau 178.850.000 ton setahun. Dari total sampah itu, lebih dari 50 persen merupakan sampah rumah tangga (Kementrian Lingkungan Hidup 2012).

Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) adalah salah satu provinsi yang mempunyai persentase penduduk perkotaan yang tertinggi di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2014), persentase penduduk perkotaan kota DIY pada tahun 2010 adalah sebesar 66,4% dan pada tahun 2015 naik menjadi 70,5%. Jumlah tersebut membuat DIY menjadi peringkat ke 4 nasional setelah DKI Jakarta, Kepulauan Riau, dan Jawa Barat. Hal ini menandakan bahwa tingkat konsumtif dari penduduknya semakin tinggi dan hal tersebut juga berpengaruh terhadap jumlah sampah yang dihasilkan.

1.1 Food Waste

Food losses adalah semua bahan material yang bisa dimakan untuk konsumsi manusia, yang timbul pada setiap titik di rantai pasok makanan, yang malah sebaliknya dibuang, hilang, rusak atau dikonsumsi oleh hama (FAO 1981). Hal ini juga ditambahkan oleh Parfitt et al (2010), *food losses* mengacu pada penurunan massa makanan yang dapat dimakan diseluruh bagian dari rantai pasok yang khusus mengarah ke makanan yang dimakan untuk konsumsi manusia. *Food losses* terjadi di tahap produksi, pasca panen dan pengolahan dalam rantai suplai makanan (Parfitt et al., 2010). *Food losses* yang terjadi pada akhir dari *supply chain* (ritel dan konsumsi akhir) disebut *Food waste* atau limbah makanan, yang berkaitan dengan perilaku penjual dan konsumen. (Parfitt et al., 2010).



Gambar 1.1. Rantai Pasok Makanan dan sumber *food waste* pada setiap titik rantai pasok.



Banyak hal yang membuat *food waste* selalu terjadi di setiap kota, baik itu dari kebiasaan maupun kesadaran dari manusia itu sendiri. Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya *food waste*, salah satunya yang menjadi penyebab utamanya adalah perilaku konsumen (FAO, 2013). Menjadi hal yang penting untuk mengetahui perilaku masyarakat khususnya rumah tangga dalam membuang sampah makanan. Untuk itu penelitian ini berfokus pada menganalisa perilaku masyarakat khususnya rumah tangga yang ada di kecamatan kota Yogyakarta, yakni kecamatan Wirobrajan dan Pakualaman dalam menghasilkan *food waste*. Pertimbangan memilih 2 kecamatan ini dikarenakan dari jumlah rumah tangganya yang cukup banyak disini selain itu mengingat keterbatasan waktu dalam penelitian.

Penelitian tentang *food losses* dan *food waste* telah banyak dilakukan di negara-negara lain khususnya Eropa, Australia dan Amerika. Menurut Gustavsson (2011), isu tentang *food losses* adalah sangat penting dalam upaya untuk memerangi kelaparan, meningkatkan pendapatan dan meningkatkan ketahanan pangan di negara-negara termiskin di dunia. Penelitian yang dilakukan oleh Liu, (2013) yang mengumpulkan data statistik tentang *food waste* dan *food losses* di China dengan cara mengambil data yang dari penelitian yang telah dipublikasi sebelumnya, survey lapangan, interview dengan ahli, dan *gray literature* (contoh: laporan yang diterbitkan oleh perusahaan swasta).

Penelitian lainnya dilakukan oleh Gustavsson, et al (2011), penelitiannya menyebutkan kira-kira sepertiga dari bagian yang dapat dimakan dari makanan yang diproduksi untuk konsumsi manusia, akan hilang atau terbuang secara global, yaitu sekitar 1,3 miliar ton per tahun. Penelitian lain tentang perilaku rumah tangga dalam membuang sampah makanan dilakukan oleh Ponis, et al (2017), dalam penelitian yang dilakukannya di Yunani, dengan cara melakukan survey rumah tangga di perkotaan dengan mengkategorikannya ke dalam 3 bagian kegiatan, yakni bagian pertama kegiatan belanja, menyiapkan makanan, dan membersihkan sisa makanan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa konsumen yang mempunyai perilaku belanja yang relatif sembrono (tidak memiliki daftar belanja dan membeli barang promo lebih sering) cenderung membuang lebih banyak makanan. Di sisi lain, orang yang memilih untuk memasak makanan mereka sendiri, lebih sedikit menghasilkan sampah makanan daripada mereka yang lebih memilih untuk memesan makanan diluar.

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan, penelitian terkait perilaku dari rumah tangga dalam menghasilkan sampah makanan adalah penting dilakukan agar bisa ditemukan perilaku yang seperti apa yang akan menghasilkan sampah makanan. Penelitian ini fokus kepada analisis perilaku rumah tangga dan proses pengambilan keputusannya dalam membuang sampah makanan. Penelitian ini berbeda dan menarik untuk dilakukan karena belum ada di Indonesia ini yang melakukan penelitian terhadap pola perilaku rumah tangga dalam membuang sampah makanan. Selain itu pola perilaku di setiap kota pun berbeda-beda, hal ini dikarenakan faktor sosial dan budaya yang ada di setiap kota tersebut.

Tujuan dari penelitian ini diantaranya untuk mengetahui faktor-faktor yang berhubungan dengan perilaku rumah tangga dalam membuang sampah makanan dan mengidentifikasi atribut sebagai faktor pembeda perilaku rumah tangga dalam proses pengambilan keputusan saat membuang sampah makanan serta mengetahui proses pengambilan keputusan rumah tangga dengan perbedaan atribut yang mereka miliki.

2. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.1. Tinjauan pustaka

Tinjauan pustaka dilakukan untuk melakukan kajian terhadap penelitian-penelitian sebelumnya sebagai gambaran awal penelitian yang akan dilakukan. Beberapa hal yang ditemukan dalam peninjauan pustaka antara lain atribut yang sesuai, untuk merancang kuesioner. Pertanyaan dapat disusun sesuai kebutuhan informasi agar waktu yang dikeluarkan lebih efektif.



2.2 Pengumpulan Data

2.2.1 Data yang dibutuhkan

Data yang dibutuhkan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu data primer yang didapat dari pengisian kuesioner yang diisi oleh rumah tangga pada kecamatan Wirobrajan dan Pakualaman, dan data sekunder didapat melalui buku-buku, penelitian sebelumnya dan jurnal.

2.2.2 Populasi dan Sampel Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kecamatan kota Yogyakarta Wirobrajan dan Pakualaman. Adapun jumlah populasi rumah tangga pada kecamatan Wirobrajan sebanyak 8.844 rumah tangga dan Pakualaman sebanyak 3.526 rumah tangga. Untuk itu jumlah sampel penelitiannya bisa ditentukan berdasarkan tabel Isaac dan Michael dimana untuk jumlah sampel diatas 10.00 dan dibawah 15.000 dengan derajat kesalahan 95%, didapat jumlah sampelnya adalah sebanyak 340 sampel.

2.3 Instrumen Penelitian

Menggunakan kuesioner dengan faktor-faktor seperti tingkat pendidikan, tingkat pendapatan, pengetahuan, sikap, ketersediaan sarana, *food management*, *food proportion*, *shopping habit*, dan *eating preference* dari rumah tangga di kecamatan Wirobrajan dan Pakualaman kota Yogyakarta. Melalui kuesioner, responden memberikan keterangan, sedang peneliti memberikan tanda skoring pada kuesioner..

2.4 Pengolahan Data

2.4.1 Uji Validitas

Pengujian validitas instrument pada penelitian ini, meggunakan program SPSS versi 18.0. Dimana hasil akhirnya (r hitung) dibandingkan r tabel *product moment pearson*. Dengan kriteria jika r hitung > r tabel, maka butir atau variabel tersebut valid (Singgih Santoso, 2001).

2.4.2 Uji Reabilitas

Sama halnya dengan uji validitas, untuk mengetahui apakah instrumen penelitian ini reliabel atau tidak maka digunakan program SPSS versi 18.0 dengan kriteria jika r alpha > r tabel, maka butir atau variabel tersebut reliabel (Singgih santoso, 2001).

2.5 Analisis data

Analisa data disesuaikan dengan variabel yang akan diuji. Adapun analisa yang digunakan adalah:

2.5.1 Analisa *Univariat*

Untuk mendeskripsikan variabel secara terpisah dengan cara distribusikan frekuensi

2.5.2 Analisis *Bivariat*

Dilakukan terhadap dua variabel yang diduga berhubungan atau berkorelasi (Soekidjo Notoatmojo, 2005)

Uji yang digunakan uji *Chi Square*

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_h)^2}{f_h} \quad (2,1)$$

Dimana :

X^2 = *chi square*

f_o = frekuensi yang diobservasikan

f_h = frekuensi yang diharapkan



Dasar pengambilan keputusan yang dipakai berdasarkan probabilitas. Jika probabilitas > 0.05 maka H_0 ditolak. Ini berarti kedua variabel ada hubungan. Akan tetapi jika H_0 diterima, itu berarti kedua variabel tidak ada hubungan.

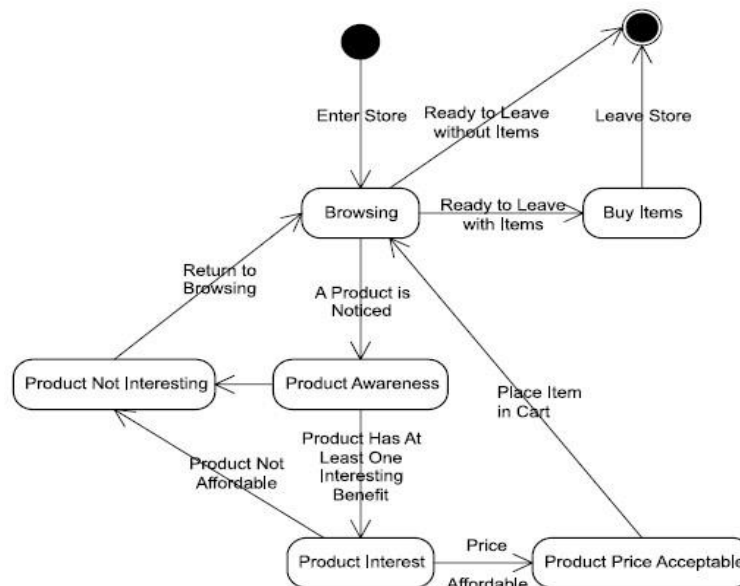
Untuk mengetahui tingkat keeratan hubungan antar variabel bebas dan terikat, digunakan kriteria keeratan dengan menggunakan koefisien korelasi (Sugiyono, 2002), yaitu sebagai berikut :

2.1 Tabel tingkat keeratan hubungan antar variabel bebas dan terikat
(Sugiyono, 2002)

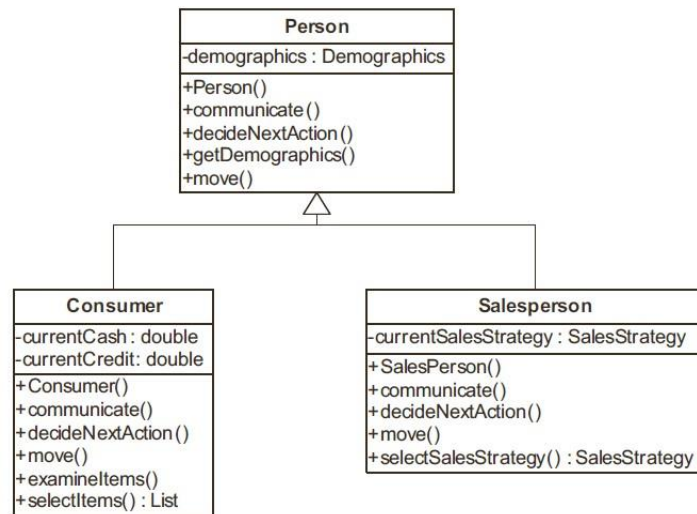
Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.00 – 0.199	Sangat Rendah
0.20 – 0.399	Rendah
0.40 – 0.599	Sedang
0.60 – 0.799	Kuat
0.80 – 1,00	Sangat Kuat

2.6. Pembuatan UML

Pembuatan UML bertujuan untuk membentuk konsep atau framework suatu model. Pengolahan data menjadi informasi yang berbentuk diagram sebagai konsep dari permodelan. dalam penelitian ini, informasi dibentuk menjadi *state diagram* dan *class diagram*. Adapun contoh *state diagram* dan *class diagram* sebagai berikut:



Gambar 2.1 Contoh *state diagram* (North dan Macal, 2007)



Gambar 4.2 Contoh *class diagram* (North dan Macal, 2007)

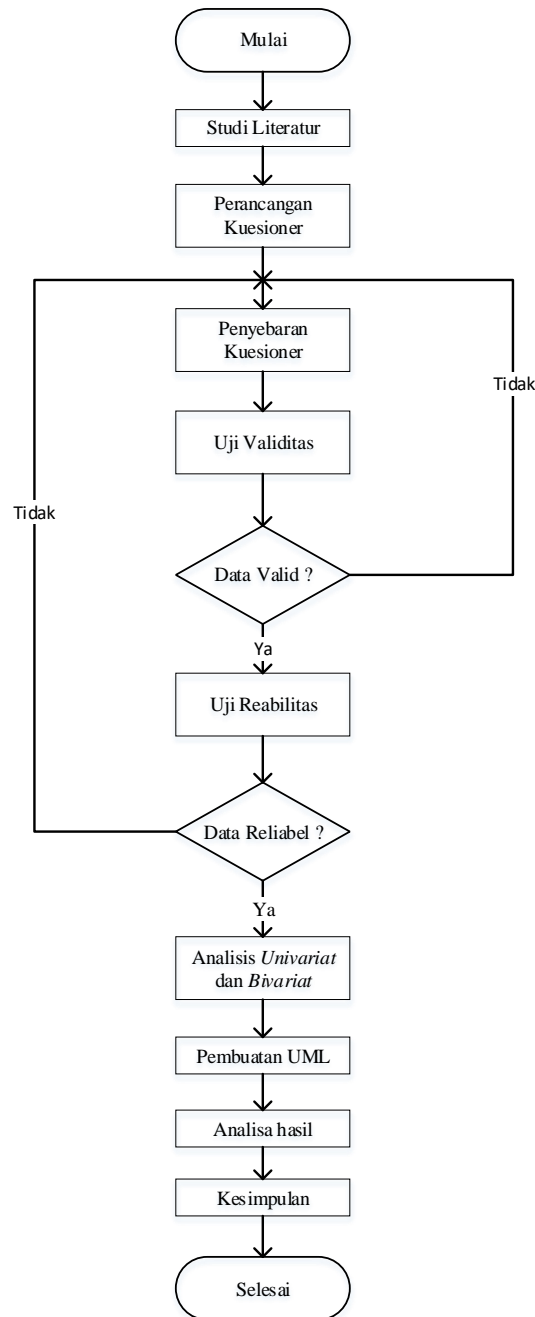
2.7 Analisa Hasil

Pada tahap ini dilakukan analisa karakterisasi perilaku rumah tangga mana yang berkontribusi menghasilkan lebih banyak sampah makanan.

2.8. Kesimpulan

Tahap ini merupakan jawaban atas tujuan penelitian dan tahap akhir dari metode penelitian.





Gambar 2.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

3. Kesimpulan

Setelah menerapkan metode kajian literatur diatas untuk menemukan perilaku rumah tangga dalam membuang sampah makanan. Diharapkan nantinya dengan menggunakan metode ini akan bisa ditemukan pola *decision making* perilaku rumah tangga dalam membuang sampah makanan. Perilaku yang muncul nantinya akan dilihat dan dianalisa perilaku rumah tangga mana yang menyumbang sampah makanan yang paling banyak, sehingga bisa dijadikan pedoman untuk membuat sebuah kebijakan oleh pemerintah ataupun rumah tangga yang ada di kota Yogyakarta khususnya untuk dapat membuat langkah pencegahan guna mengurangi sampah makanan dan menentukan jumlah sampah makanan.



Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik, 2012, Jumlah Penduduk Indonesia, akses Online 5 Maret 2017, <https://www.bps.go.id/>.
- Badan Pusat Statistik, 2014, Proyeksi persentase jumlah penduduk perkotaan di Indonesia, akses Online 5 Maret 2017, <https://www.bps.go.id/>.
- FAO., 1981, *Food loss prevention in perishable crops*, FAO Agricultural Service Bulletin, no. 43, FAO Statistics Division, Germany.
- FAO., 2013, *Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources (Summary Report)*. ISBN 978-92-5-107752-8, Germany.
- Gustavsson, Jenny., Cedeberg, Christel., and Sonesson, Ulf., 2011, *Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention*, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
- Kementrian Lingkungan Hidup., 2012, Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2012 akses online 5 Maret 2017, <http://www.menlh.go.id/status-lingkungan-hidup-indonesia-2012/>.
- Liu, Gang., 2013, Food losses and food waste in China: a first estimate, akses online 30 November 2016, http://www.oecd.org/site/agrfcn/food%20losses%20and%20waste%20in%20china_gang%20liu.pdf.
- North, M.J., and Macal C., M., 2007, *Managing Business Complexity: Discovering Strategic Solutions with Agent-Based Modeling and Simulation*. Oxford University Press. New York.
- Parfitt, Julian., Barthel, Mark., and Macnaughton., 2010, Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050 , *Philosophical Transactions of the Royal Society*, Vol. 365 no. 3065–3081. doi:10.1098/rstb. 2010.0126.
- Ponis, T., Stavros., Papanikolaou, Anna, Pantelia., Katimertzoglou, Petros., Ntalla, C, Athanasia, and Xenos, I, Konstantinos, 2017, Household Food Waste in Greece: A Questionnaire Survey, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 149 1268e1277.
- Santoso, Singgih., 2001, *SPSS Versi Mengolah Data Statistik Secara Profesional*. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Santoso, Singgih., 2002, *Buku Latihan SPSS Statistik Parametrik*. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Soekidjo, Notoatmojo., 2005, *Metode Penelitian Kesehatan*, Cetakan ke 1, Rineka Cipta, Jakarta.



Analisis Efisiensi Relatif pada UMKM Batik Cap Semarang Dengan Metode Data Envelopment Analysis

Diana Puspita Sari, Bedietra Adriz Rachmania, Nia Budi Puspitasari

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang 50275
Telp. 024-7460052
E-mail: dpsari.01@gmail.com

Intisari

Batik adalah salah satu warisan kebudayaan Indonesia yang keberadaannya harus dilestarikan. Industri batik di Indonesia tersebar di beberapa daerah di pulau Jawa. Namun, di antara berbagai macam motif batik yang ada di Indonesia, batik Semarang pamornya kurang cemerlang. Batik Semarang kurang dilirik oleh masyarakat karena harganya yang mahal sehingga kurang kompetitif di pasar. Berdasarkan studi pendahuluan di beberapa UMKM batik di Semarang, ditemukan gejala inefisiensi penggunaan sumber daya dalam proses produksi batik. Gejala inefisiensi produksi dari UMKM batik di Kota Semarang yang ditunjukkan dengan pemborosan penggunaan material dan tenaga kerja dalam proses produksi. Hal ini yang menyebabkan harga batik Semarang menjadi tidak kompetitif. Pencapaian efisiensi yang tinggi sangat penting dalam upaya meningkatkan tingkat kompetitif dan keuntungan suatu usaha. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat efisiensi UMKM batik di kota Semarang. Metode yang digunakan adalah Data Envelopment Analysis (DEA). Dari hasil pengukuran menunjukkan beberapa UMKM batik Semarang yang relatif inefisien adalah UMKM Batik D, E, dan H. UMKM Batik Semarang yang relatif inefisien dapat meningkatkan efisiensi dengan melakukan perbaikan pada variabel produksi yang berpengaruh yaitu dengan melakukan penyesuaian pada variabel input sehingga mendekati efisiensi UMKM benchmark.

Kata Kunci: batik; data envelopment analysis; efisiensi relatif.

1. Pendahuluan

Industri kreatif merupakan salah satu industri yang memiliki potensi untuk dapat berkembang dan memberikan kontribusi yang besar bagi perekonomian suatu negara. Industri kreatif memiliki peran penting dan dapat diharapkan untuk meningkatkan perekonomian nasional. Menurut data statistik dan hasil survey oleh Badan Ekonomi Kreatif (BEKRAF) dan Badan Pusat Statistik, pada tahun 2015 industri kreatif telah menyumbang Rp 852 triliun atau 7,38 persen dari total produk domestik bruto (PDB) Indonesia. Selain menyumbang PDB nasional, industri kreatif merupakan sektor keempat terbesar dalam penyerapan tenaga kerja, dengan kontribusi secara nasional sebesar 13,9 persen atau 15,9 juta orang. Data juga menunjukkan peningkatan kontribusi ekonomi kreatif yang signifikan terhadap perekonomian nasional dari tahun 2010-2015 yaitu sebesar 10,14% per tahun. Hal ini membuktikan bahwa ekonomi kreatif memiliki potensi untuk berkembang di masa mendatang.

Menurut penelitian terdahulu, industri kreatif juga mampu meningkatkan daya tarik wisata sebagai salah satu komponen daya saing destinasi pariwisata (Koestantia, 2010). Kota Semarang sebagai kota yang sedang melakukan pengembangan pariwisatanya juga perlu mengidentifikasi potensi-potensi industri kreatif yang ada. Potensi industri kreatif di Kota Semarang meliputi batik, olahan makanan, komunitas-komunitas fotografi, robotik, dan lain sebagainya. Menurut Dinas



Perindustrian Kota Semarang, batik merupakan salah satu produk unggulan dalam industri kreatif di Semarang.

Batik adalah salah satu warisan kebudayaan Indonesia yang keberadaannya harus dilestarikan. Industri batik di Indonesia tersebar di beberapa daerah di pulau Jawa yang kemudian menjadi nama dari jenis-jenis batik tersebut, seperti batik Pekalongan, batik Solo, batik Jogja, batik Semarang, batik Lasem, dan batik Cirebon. Setiap batik dari daerah tersebut memiliki ciri motif yang spesifik. Namun, di antara berbagai macam motif batik yang ada di Indonesia, batik Semarang yang pamornya kurang cemerlang. Batik Semarang kurang dilirik oleh masyarakat karena harganya yang mahal sehingga kurang kompetitif di pasar. Harga batik Semarang relatif lebih mahal jika dibandingkan dengan tekstil lainnya seperti sablon atau print.

Berdasarkan data Dinas Perindustrian Kota Semarang pada tahun 2015, Klaster Batik Semarang terdiri dari 60 UMKM yang tersebar di berbagai daerah di Kota Semarang. Menurut penelitian sebelumnya oleh Sudantoko (2010), pada umumnya pengrajin batik skala kecil belum melakukan kegiatan produksi secara efisien. Terdapat tiga faktor yang menyebabkan efisiensi, yaitu apabila dengan *input* yang sama menghasilkan *output* yang lebih besar, dengan *input* yang lebih kecil menghasilkan *output* yang sama, dan dengan *input* yang besar menghasilkan *output* yang lebih besar lagi (Rahmawati dan Hosen, 2012). Analisis efisiensi teknis dilakukan menggunakan *stochastic frontier production function*. Tingkat efisiensi teknis pelaku usaha batik skala kecil di Pekalongan hanya berkisar antara 0,607 sampai dengan 0,9597 dengan rata-rata efisiensi teknis sebesar 0,8675 yang berarti tidak efisien. Pada saat pelaksanaan studi pendahuluan di UMKM batik di Semarang, juga ditemukan gejala-gejala inefisiensi penggunaan sumber daya dalam proses produksi batik. Beberapa diantaranya adalah pemborosan dalam penggunaan pewarna, khususnya pada saat proses pewarnaan yang dicolet, sering terdapat sisa adonan pewarna yang akhirnya disingkirkan karena tidak dipakai lagi. Tak jarang juga dijumpai pekerja dalam kondisi menganggur pada saat jam kerja. Selain itu, juga dijumpai penggunaan air yang berlebihan saat dilakukan proses pencucian batik. Sejalan dengan hal tersebut, penelitian yang dilakukan oleh Nurdalia (2006) bahwa terdapat inefisiensi pada produksi batik dengan tingkat inefisiensi malam sebesar 60%, inefisiensi zat warna berkisar antara 0,07% - 54,58 % per tahun, dan inefisiensi penggunaan air diperkirakan antara 10% - 30% per tahun.

Gejala inefisiensi produksi dari UMKM batik di Kota Semarang yang ditunjukkan dengan pemborosan material dan tenaga kerja dalam proses produksi tersebut ditengarai menyebabkan harga batik Semarang menjadi tidak kompetitif. Pencapaian efisiensi yang tinggi sangat penting dalam upaya meningkatkan tingkat kompetitif dan keuntungan suatu usaha. Efisiensi faktor-faktor produksi sangat perlu diperhatikan agar perusahaan memperoleh laba yang semaksimal mungkin dengan mengeluarkan atau menggunakan biaya produksi yang seminimal mungkin. Bila proses produksi batik Semarang dilakukan dengan efisien, maka harga pokok produksi akan turun. Harga pokok produksi yang turun dapat membuat harga jual menjadi lebih kompetitif. Oleh karena harga yang lebih kompetitif, batik Semarang dapat bersaing dengan tekstil lainnya sehingga diharapkan minat beli batik Semarang akan meningkat. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan penelitian untuk menganalisis efisiensi UMKM batik di Semarang. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi produksi batik, mengukur tingkat efisiensi UMKM batik cap di Semarang dan mengidentifikasi UMKM batik yang termasuk dalam kategori tidak efisien serta memberikan rekomendasi perbaikan bagi UMKM dengan tingkat efisiensi rendah untuk meningkatkan efisiensi produksi.

2. Metodologi

Berdasarkan penggalan akar masalah yang telah dilakukan, didapatkan akar permasalahan rendahnya daya beli masyarakat terhadap batik Semarang yaitu harga jual batik Semarang yang terlalu tinggi, tidak kompetitif dan ditengarai karena adanya gejala inefisiensi produksi dari UMKM batik di Kota Semarang yang ditunjukkan dengan pemborosan material dan tenaga kerja



dalam proses produksi. Sehingga perlu dilakukan analisis efisiensi untuk mengetahui langkah perbaikan yang harus dilakukan.

Menurut Sumanth (1984), efisiensi adalah rasio antara *output* aktual dan *output* standar yang diharapkan. Efisiensi berhubungan dengan penggunaan sumber daya. Peningkatan efisiensi dalam proses produksi akan menurunkan biaya per unit *output*, sehingga produk dapat dijual dengan harga yang lebih kompetitif di pasar. Pengukuran efisiensi modern pertama kali diperkenalkan oleh Farrel (1957), bekerja sama dengan Debreu dan Koopmas, dengan mendefinisikan suatu ukuran yang sederhana untuk mengukur efisiensi suatu perusahaan. Efisiensi yang dimaksud adalah *technical efficiency* dan *allocative efficiency*. Efisiensi teknis merupakan refleksi kemampuan dari suatu perusahaan untuk memaksimalkan *output* dengan *input* tertentu, sementara efisiensi alokatif merefleksikan suatu organisasi untuk memanfaatkan *input* secara optimal dengan tingkat harga yang telah ditentukan. Kedua pengukuran ini kemudian dikombinasikan untuk mendapatkan tingkat *economic efficiency* (Coelli, 1996).

Efisiensi relatif dapat didefinisikan bila dalam satu unit kerja atau pelayanan mencapai efisiensi yang penuh (100%) jika dan hanya jika kinerja dari unit kerja/layanan yang lain tidak menunjukkan peningkatan *input* dan *output* tanpa menjadikan *input* dan *output* yang lain menjadi lebih buruk. Atau dapat dikatakan merupakan efisiensi yang bernilai relatif diantara unit-unit yang diamati. Suatu unit dikatakan efisien relatif bila unit tersebut memiliki tingkat efisiensi yang lebih baik dari unit-unit lainnya. Dalam pengukuran efisiensi relatif, nilai *input-output* suatu unit memiliki ciri lebih atau kurang dibanding unit lain tanpa dapat mengatakan seberapa kurang atau lebihnya.

2.1 Disain Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksploratif dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Penelitian eksploratif adalah penelitian yang bertujuan menggali/mencari variabel-variabel atau faktor-faktor yang terdapat pada suatu fenomena/kondisi/ setting sosial tertentu (Spiggle, 1994). Melalui penelitian ini, akan dicari faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi produksi batik Semarang dan bagaimana peningkatan efisiensi dari faktor-faktor tersebut dapat dilakukan.

Pendekatan kuantitatif yang digunakan dalam penelitian ini berupa pengumpulan dan pengolahan data dengan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) Menurut Ramanathan (2003), DEA adalah teknik berbasis program linier untuk mengukur efisiensi unit organisasi yang dinamakan *Decision Making Units* (DMU). DEA merupakan suatu teknik pemrograman matematis yang digunakan untuk mengevaluasi efisiensi relatif dari sebuah kumpulan unit-unit pembuat keputusan (DMU) dalam mengelola sumber daya (*input*) sehingga menjadi hasil (*output*) dimana hubungan bentuk fungsi dari *input* ke *output* tidak diketahui (Purwantoro, 2006). Thanassoulis (2001) mendefinisikan DEA sebagai suatu metode yang dapat digunakan untuk mengukur efisiensi komparatif dari unit operasi homogen seperti sekolah, rumah sakit, dan sebagainya. Menurut Cooper dkk (2002), DEA menggunakan teknis program matematis yang dapat menangani variabel dan batasan yang banyak, dan tidak membatasi *input* dan *output* yang akan dipilih karena teknis yang dipakai dapat mengatasinya. DMU adalah organisasi organisasi atau entitas-entitas yang akan diukur efisiensinya secara relatif terhadap sekelompok entitas lainnya yang homogen. Homogen berarti *input* dan *output* dari DMU yang dievaluasi harus sama/sejenis. DMU dapat berupa entitas komersial maupun publik, seperti bank komersial atau pemerintah, sekolah swasta atau negeri dan sebagainya. DEA merupakan model analisis produktivitas multifaktor untuk mengukur efisiensi relatif dari set DMU yang memiliki kesamaan. Skor/nilai efisiensi dari *multiple input* dan *multiple output* didefinisikan sebagai

$$efficiency = \frac{weighted\ sum\ of\ outputs}{weighted\ sum\ of\ inputs} \quad (1)$$



Asumsikan terdapat DMU sejumlah n , masing-masing dengan *input* m dan *output* s , nilai efisiensi relatif dari perhitungan suatu DMU diperoleh dari model berikut, yang diperkenalkan oleh Charnes et al., sebagai berikut

$$\text{Maximize} : \frac{\sum_{r=1}^s v_r y_r}{\sum_{i=1}^m u_i x_i} \quad (2)$$

Subject to :

$$\frac{\sum_{r=1}^s v_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m u_i x_{ij}} \leq 1; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

$$v_r \geq 0; r = 1, 2, 3, \dots, s \quad (4)$$

$$u_i \geq 0; i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (5)$$

Dimana:

y = variabel *output*

x = variabel *input*

v = bobot *output*

u = bobot *input*

$r = 1$ sampai s (indeks untuk *ouput*)

$i = 1$ sampai m (indeks untuk *input*)

$j = 1$ sampai n (indeks untuk banyaknya DMU)

Formula diatas tidak dapat diselesaikan dengan menggunakan program linier karena bukan merupakan persamaan linier. Rumusan diatas dapat diubah menjadi program linier seperti berikut ini:

$$\text{Maximize} : \sum_{r=1}^s v_r y_r \quad (6)$$

Subject to :

$$\sum_{i=1}^m u_i x_i = 1 \quad (7)$$

$$\sum_{r=1}^s v_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m u_i x_{ij} \leq 0; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

$$v_r \geq 0; r = 1, 2, 3, \dots, s \quad (9)$$

$$u_i \geq 0; i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (10)$$

Formulasi tersebut dijalankan n kali sebanyak DMU, dalam hal ini UMKM batik Semarang yang diukur efisiensinya. Masing-masing DMU memilih bobot *input* dan *output* yang dapat memaksimalkan nilai efisiensi. Pada umumnya, DMU dikatakan efisien jika memiliki nilai efisiensi 1 dan jika nilainya kurang dari 1 menunjukkan bahwa DMU tersebut tidak efisien (Talluri, 2000).

Pengumpulan data dilakukan dengan pengisian kuisioner oleh pemilik-pemilik UMKM batik Semarang mengenai penggunaan faktor-faktor produksi. Penentuan faktor-faktor produksi



dilakukan dengan studi literatur dan wawancara dengan beberapa pemilik UMKM batik Semarang. Data yang dikumpulkan dan diolah merupakan data primer dengan skala rasio.

Pengolahan data dilakukan dengan bantuan software *Sistema Integrado de Apoio a Decis o* (SIAD), menggunakan model DEA *Constant Return to Scale (CRS) input oriented*, dimana akan menghasilkan nilai *Technical Efficiency* relatif yang akan berkisar antara 0 sampai dengan 1. DMU dikatakan relatif efisien jika nilai TE bernilai 1, yang berarti slacknya bernilai 0. Model CRS merupakan model dasar DEA yang membawa implikasi pada bentuk *efficient set* yang linier. Model CRS dikembangkan oleh Charnes, Cooper dan Rhodes pada tahun 1978. Model ini mengasumsikan bahwa rasio antara penambahan *input* dan *output* adalah sama. Artinya, jika ada tambahan *input* sebesar x kali, maka *output* akan meningkat sebesar x kali juga. Asumsi lain yang digunakan dalam model ini adalah bahwa setiap perusahaan atau DMU beroperasi pada skala yang optimal (Wulansari, 2010).

Pendekatan kualitatif yang digunakan dalam penelitian ini berupa analisa hasil pengolahan data dan pemberian rekomendasi yang sesuai untuk UMKM yang relatif tidak efisien. Pemberian rekomendasi dilakukan dengan survey dan melakukan brainstorming berupa wawancara. Survey dan brainstorming dilakukan pada UMKM batik Semarang yang relatif tidak efisien maupun relatif efisien untuk dilakukan perbandingan terhadap proses produksinya dalam hal ini penggunaan sumber dayanya sehingga dapat diberikan rekomendasi perbaikan bagi UMKM yang relatif tidak efisien untuk meningkatkan efisiensinya.

2.2 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah UMKM yang memproduksi batik cap di Semarang. Dari 60 UMKM yang aktif di kluster batik Semarang, terdapat 45 UMKM yang memproduksi batik cap. Dari populasi tersebut, dilakukan pengambilan sampel untuk mewakili populasi sehingga dapat ditarik kesimpulan penelitian sebagai sesuatu yang berlaku bagi populasi. Jumlah sampel yang akan dijadikan objek dalam penelitian ini adalah 9 UMKM batik. Berdasarkan wawancara dan observasi dengan pihak-pihak terkait, hanya terdapat 9 UMKM yang melakukan proses pengecapannya sendiri. Sedangkan, 51 UMKM lainnya melakukan proses pengecapan dengan subkontrak ke UMKM-UMKM yang dapat melakukan proses pengecapan.

2.1 Variabel Penelitian

Penentuan faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses produksi batik cap diperoleh dari hasil brainstorming, wawancara dan observasi langsung dengan para pemilik UMKM batik. Faktor-faktor yang terpilih akan menjadi variabel pengukuran tingkat efisiensi pada masing-masing UMKM dalam penelitian ini dirangkum pada Tabel 1

Tabel 9. Variabel Penelitian

	Variabel	Satuan	Sumber Data
<i>Input</i>	Jumlah tenaga kerja	Orang Jam (OJ)	kuisisioner, wawancara, dan observasi
	Jumlah kain yang digunakan	Meter (m)	
	Jumlah lilin/ malam yang digunakan	Gram (gr)	
	Jumlah pewarna yang digunakan	Gram (gr)	
	Jumlah bahan bakar yang digunakan	Kilogram (kg)	
	Jumlah air yang digunakan	Liter (l)	
<i>Output</i>	Jumlah produksi kain batik cap	Pieces (pcs)	

(Sumber: Susanty dkk, 2015)

3. Hasil dan Pembahasan

Rekapitulasi data *input* dan *output* produksi pada 9 UMKM batik cap di Semarang dapat dilihat pada Tabel 2



Tabel 10. Data *Input Output* Produksi Batik Cap di Semarang

UMKM	<i>Output</i>		<i>Input</i>				
	Produksi (pcs)	Tenaga Kerja (OJ)	Total Pemakaian Bahan				
			Kain katun (m)	Malam (kg)	Pewarna (gr)	Bahan bakar (LPG; kg)	Air (lt)
A	100	656	200	20	400	3	1450
B	100	546	200	10	500	3	1600
C	100	712	200	12	600	3	1100
D	100	876	210	28	3000	9	6240
E	100	745	205	25	2500	9	4500
F	100	640	200	5	400	3	1800
G	100	544	200	12,5	450	6	2000
H	100	870	205	35	3500	9	5400
I	100	637	200	13	500	6	3240

Setiap UMKM adalah DMU dari penelitian ini. Pengolahan terhadap data yang telah didapatkan dilakukan dengan software SIAD v.3.0. Tabel 3 merupakan nilai efisiensi relatif dari masing-masing UMKM dan UMKM yang akan dijadikan benchmark untuk UMKM tersebut.

Tabel 11. Rekapitulasi Efisiensi Relatif

DMU	Efisiensi Relatif		Benchmark
A	1,00	Efisien	-
B	1,00	Efisien	-
C	1,00	Efisien	-
D	0,76	Inefisien	A
E	0,83	Inefisien	I
F	1,00	Efisien	-
G	1,00	Efisien	-
H	0,85	Inefisien	F
I	1,00	Efisien	-

Berdasarkan hasil pengolahan, terdapat 3 UMKM yang relatif inefisien dan 6 UMKM yang relatif efisien. UMKM-UMKM yang nilai efisiensinya masih relatif rendah dapat diperbaiki dan ditingkatkan nilai efisiensi teknisnya, dengan mengacu pada UMKM-UMKM yang relatif lebih efisien. Benchmark digunakan untuk menentukan UMKM yang akan menjadi acuan perbaikan bagi UMKM yang belum efisien, dengan tujuan untuk meningkatkan nilai efisiensi UMKM yang masih relatif inefisien tersebut. Ketika UMKM yang inefisien dilakukan perbaikan yang mengacu pada benchmarknya, itu berarti bahwa UMKM yang inefisien tersebut akan mencapai peningkatan nilai efisien mendekati atau sama dengan satu.

Setelah dibandingkan rata-rata pemakaian *input*, UMKM yang relatif efisien menggunakan lebih sedikit tenaga kerja dalam orang jam, kain katun, malam, pewarna, LPG, dan air daripada UMKM yang relatif inefisien. Oleh karena itu, UMKM yang inefisien perlu untuk melakukan perbaikan dalam penggunaan sumberdaya tanpa mempengaruhi kualitas dari batik yang diproduksi. Rekomendasi perbaikan dilakukan dengan menentukan target perbaikan pada masing-masing variabel *input* dan *output* yang terkait dalam perhitungan efisiensi. Penentuan target perbaikan ini dihasilkan dengan perhitungan oleh software SIAD dengan mengacu pada UMKM benchmark. Untuk mencapai target perbaikan, dilakukan pengurangan kuantitas dari masing-masing variabel *input* sebesar slack movement. Slack adalah selisih antara kondisi aktual dan target yang hendak dicapai untuk meningkatkan efisiensi dari suatu DMU. Jika slack bernilai



positif, maka penggunaan material aktual lebih besar dari target. Tabel 4 merupakan rekapitulasi nilai slack movement atau *input* yang harus dikurangi agar pemakaian *input* mencapai target.

Tabel 12. Target Pengurangan *Input*

Variabel	UMKM D	UMKM E	UMKM H
Tenaga kerja (orang jam)	220	108	230
Kain (m)	10	5	5
Malam (kg)	8	12	30
Pewarna (gr)	2600	2000	3100
Bahan bakar (kg)	6	3	6
Air (lt)	4790	1260	3600

Dari Tabel 4, terlihat bahwa seluruh variabel *input* harus diturunkan agar efisiensi penggunaan sumber daya produksi batik cap pada ketiga UMKM meningkat.

Untuk variabel *input* tenaga kerja, terjadi pemborosan dalam orang jam dimana produktivitas tenaga kerja kurang maksimal. *Output* per orang per hari untuk proses pengecapan hanya sebanyak 15-20 kain, penutupan hanya sebanyak 1 kain, dan pewarnaan sebanyak 10-20 kain. Dimana *output* per orang per hari pada UMKM batik yang relatif efisien untuk proses pengecapan dapat mencapai 35 kain, penutupan mencapai 1,5 kain, dan pewarnaan mencapai 40 kain. Rendahnya produktivitas disebabkan oleh tenaga kerja yang cenderung melakukan pekerjaannya dengan “santai” dan juga sering melakukan pekerjaan rumah tangganya di sela-sela jam kerjanya. Untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan tenaga kerja, sebaiknya tenaga kerja lebih disiplin dalam melakukan pekerjaannya, dan tidak di sela dengan pekerjaan lainnya.

Untuk variabel *input* kain katun, terdapat pemborosan dimana sering terjadi kesalahan dalam pengukuran dan pemotongan kain katun. Alternatif penanganan pada kain katun dapat dilakukan sejak awal dengan merencanakan kebutuhan bahan, memotong bahan dengan ukuran yang akurat. Pekerjaan ini memerlukan ketelitian dan kedisiplinan dari pekerja.

Pada variabel *input* malam, ketiga UMKM harus mengurangi kuantitas penggunaan malam, dimana saat proses pengecapan sering terjadi pengecapan yang terlalu tebal. Pengecapan yang terlalu tebal ini, selain membuat kebutuhan malam meningkat juga dapat mengurangi estetika dari kain batik tersebut. Pengurangan penggunaan malam dapat dilakukan dengan mengibaskan canting cap diatas wajan sesaat sebelum dilakukan pengecapan ke kain katun. Dengan begitu, malam yang berlebih dalam canting cap, dapat jatuh kembali ke wajan malam. Penghematan penggunaan malam juga dapat dilakukan dengan waktu pemanasan malam yang pas, tidak terlalu lama. Waktu pemanasan yang pas yaitu sekitar 2 menit. Jika terlalu lama dipanaskan, malam dalam wajan cenderung akan menghasilkan cetakan yang terlalu tebal. Selain itu, distribusi penggunaan malam harus lebih teliti sesuai dengan kebutuhan. Menggunakan alas disekitar lantai kerja sehingga malam yang jatuh/tercecer dapat ditampung, serta menjaga kebersihan di sekitar tempat kerja dengan tidak membiarkan sisa/ceceran malam menumpuk sehingga sulit untuk diambil kembali.

Untuk penggunaan pewarna, terdapat pemborosan dimana seringkali terjadi kesalahan dalam pembuatan tingkat warna adonan, sehingga adonan dibuang dan terhitung sebagai waste. Selain itu juga sering terdapat kelebihan pembuatan adonan yang pada akhirnya juga dibuang begitu saja ketika hari itu tidak dipakai lagi. Pengurangan dalam penggunaan pewarna dapat dilakukan dengan membuat takaran yang baku untuk pembuatan tingkat warna adonan.

Variabel bahan bakar (LPG) dan air juga harus dikurangi agar terjadi peningkatan efisiensi. Di lapangan, terdapat pemborosan penggunaan LPG yang oleh pekerja biasanya tidak langsung dimatikan ketika masuk jam istirahat atau ketika kompor sudah tidak digunakan. Untuk mengurangi konsumsi gas, seharusnya saat kompor sudah tidak digunakan, pekerja langsung mematikan gas nya. Begitu juga air, yang tidak jarang terlihat terlambat dimatikan ketika ember sudah penuh sehingga air meluber-luber dan terbuang sia-sia. Pemborosan air juga disebabkan



pewarnaan yang dilakukan sedikit demi sedikit. Jumlah kain yang diwarnai dalam sekali pemrosesan sedikit, sehingga konsumsi air lebih banyak. Untuk mengurangi konsumsi air, seharusnya saat ember penampungan sudah terisi penuh, pekerja langsung mematikan keran, dan dapat dipertimbangkan untuk memproses lebih banyak kain dalam sekali pewarnaan.

4. Kesimpulan dan Saran

Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi produksi batik cap pada UMKM-UMKM batik adalah penggunaan tenaga kerja, kain, pewarna, malam, LPG, air, dan jumlah produksi. Namun, variabel yang paling mempengaruhi efisiensi bagi tiap UMKM ternyata berbeda-beda. Perbedaan variabel yang paling berpengaruh pada tiap UMKM ini disebabkan adanya standar penggunaan faktor produksi yang berbeda-beda pada tiap UMKM tersebut.

Setelah dilakukan perhitungan efisiensi relatif pada UMKM Batik Semarang diketahui UMKM D, UMKM E, dan UMKM H relatif inefisien dibandingkan dengan 6 UMKM Batik Semarang lainnya. Dari ketiga UMKM tersebut, UMKM D memiliki efisiensi teknis relatif paling rendah yaitu 0,76.

UMKM Batik Semarang yang masih relatif inefisien dapat meningkatkan efisiensi dengan melakukan perbaikan pada variabel produksi yang berpengaruh yaitu dengan melakukan penyesuaian pada variabel *input* sehingga mendekati efisiensi UMKM benchmark. Penurunan variabel *input* dapat dilakukan dengan peningkatan produktivitas tenaga kerja, pengukuran dan pemotongan kain dengan teliti dan berhati-hati, pengibasan canting, waktu pemanasan malam yang tepat, distribusi penggunaan malam yang lebih teliti, penggunaan takaran yang baku untuk pembuatan tingkat warna adonan pewarna, penggunaan kembali sisa adonan pewarna, memproses lebih banyak kain dalam sekali pewarnaan dan segera mematikan LPG dan kran jika sudah tidak terpakai.

Daftar Pustaka

- BEKRAF. 2017. Infografis Data Statistik dan Hasil Survei Khusus Ekonomi Kreatif. akses online 18 April 2017, URL: <http://www.bekraf.go.id/berita/page/17/infografis-data-statistik-dan-hasil-survei-khusus-ekonomi-kreatif>
- Coelli, T. 1996. A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. Centre for Efficiency and Productivity Analysis, Department of Econometrics University of New England, akses online 07 Mei 2017, URL: <http://www.owl.net.rice.edu/~econ380/DEAP.PDF>
- Cooper, W.W., Seiford, L.M., Tone, K., 2002, *Data Envelopment Analysis: a Comprehensive Text with Models, Applications, References & DEA-Solver Software*, Kluwer Academic, Boston
- Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kota Semarang. 2014. Katalog 10 Klaster: Klaster Batik. Semarang.
- Koestantia, T., 2013, *Pola Sebaran Industri Kreatif dan Implikasinya pada Sistem Keruangan Destinasi Pariwisata*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Nurdalia, I., 2006, Kajian dan Analisis Peluang Penerapan Produksi Bersih pada Usaha Kecil Batik Cap (Studi Kasus pada Tiga Usaha Industri Kecil Batik Cap di Pekalongan), akses online 7 Juni 2017, URL: <http://eprints.undip.ac.id/15638>
- Purwanto, N., 2006, Pengukuran Kinerja Bank Syariah: Integrasi Pendekatan DEA dengan Analisis Rasio Keuangan, *Jurnal Manajemen Usahawan Indonesia*, Vol. 35, No. 10, hal.65-71.
- Rahmawati, R., Hosen, M.N., 2012, Efficiency of Fund Management of Sharia Banking in Indonesia (Based On Parametric Approach), *International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences*, Vol.1, No.2, pp. 144-157.



- Ramanathan, R., 2003., *An Introduction to Data Envelopment Analysis*, Sage Publications, New Delhi.
- Spiggle, S., 1994, Analysis and Interpretation of Qualitative Data in Consumer Research, *Journal of Consumer Research*, Vol.2., No.3, pp.194-203.
- Sudantoko, D., 2010, Pemberdayaan Industri Batik Skala Kecil di Jawa Tengah, akses online 17 April 2017, URL: <http://eprints.undip.ac.id/24003>
- Sumanth, D. J., 1984, *Productivity Engineering And Management*, McGraw Hill Company, New York.
- Susanty, A., Hartini, S., Sari, D.P., Arsiwi, P. 2015. Measuring Efficiency of Using Resource in the Production Process of Making Stamped-Batik: A DEA Approach. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. Vol.6, No.5, pp.318-327.
- Talluri, S., 2000, Data Envelopment Analysis: Models and Extensions, *Decision Line*, Vol.31, No.3, pp. 8-11.
- Thanassoulis, E., 2001, *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis: a Foundation Text with Integrated Software*, Kluwer Academic, Massachusetts.
- Wulansari, R., 2010, *Efisiensi Relatif Puskesmas di Semarang*, Universitas Indonesia, Jakarta



Evaluasi Dan Desain Kaki Prostetik Atas Lutut Untuk Peningkatan Kepuasan Konsumen Yayasan Difabel Mandiri

Ega Zulfa Rahcita, Yassierli

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha No 10, Bandung, Jawa Barat, 40132
(022) 2580935
E-mail: egazulfarahcita@gmail.com

Intisari

Angka penyandang disabilitas di Indonesia mencapai tiga persen dari total penduduk pada tahun 2016 yang diikuti dengan peningkatan jumlah industri rumahan kaki prostetik. Salah satu industri prostetik tersebut adalah Yayasan Difabel Mandiri. Dengan karakter produknya yang unik, tingkat permintaan produk mengalami kenaikan akan tetapi ada beberapa keluhan dalam penggunaan kaki prostetik sehingga dibutuhkan proses evaluasi dan pengembangan produk.

Penelitian difokuskan pada penggunaan kaki prostetik atas lutut dari Yayasan Difabel Mandiri. Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi kesalahan berjalan melalui 7 variabel berjalan yaitu perpindahan vertikal pinggul dan tubuh, sudut fleksi lutut, jarak pergelangan dan ujung jari kaki dari tanah, panjang dasar dan langkah berjalan. Kesalahan berjalan yang muncul akan menjadi dasar perbaikan desain kaki prostetik. Pengaruh perbaikan desain diukur menggunakan Prosthesis Evaluation Questionnaire (PEQ). PEQ terdiri atas 15 skala penilaian yaitu ambulasi, penampilan, frustrasi, respon, kesehatan tungkai, beban sosial, suara, kegunaan, kesejahteraan, kepuasan, rasa sakit, kemampuan perpindahan, pelayanan prostetik, keberhasilan diri, dan pertanyaan lain.

Pada penelitian ini dikembangkan dua desain alternatif, yaitu desain dengan penambahan kunci sendi lutut prostetik dan pegas pada lutut prostetik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan pegas pada lutut prostetik memberikan kepuasan paling tinggi. Ada penurunan jumlah kesalahan berjalan sebesar 27,2%. Rata-rata nilai kualitas hidup penyandang disabilitas naik 14,1 poin dengan peningkatan paling besar pada skala pokok yaitu ambulasi, frustrasi, kegunaan, dan kepuasan.

Kata kunci: evaluasi, desain, kepuasan, kaki prostetik atas lutut, disabilitas

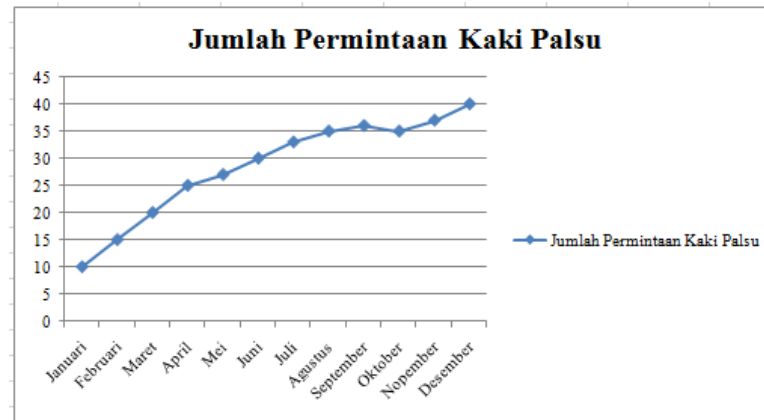
1. Pendahuluan

Kementerian Sosial RI (2016) menyatakan bahwa angka 10,26% dari total jumlah penyandang disabilitas berasal dari jenis kesulitan berjalan atau naik tangga. Angka amputasi atas lutut di Indonesia mencapai 25-30% dari keseluruhan amputasi kaki (Bachtar, 2014). Sebuah *pilot study* yang dilakukan oleh Zahedi dkk (2009) membandingkan 19 kaki prostetik modern dari segi kinerja, ukuran, berat, dan sifat defleksi hingga biaya komersial dan kehandalannya. Kesimpulannya tidak ada satupun dari kaki prostetik komersial yang layak digunakan untuk pengguna modern.

Yayasan Difabel Mandiri merupakan industri rumahan kaki prostetik yang terletak di Kecamatan Cibiru, Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat. Perancangan produk Yayasan Difabel Mandiri berawal dari ketidakpuasan konsumen terhadap desain produk kaki prostetik yang beredar di pasaran. Berdasarkan pengamatan awal yang dilakukan oleh pendiri Yayasan Difabel Mandiri, kaki prostetik komersial harganya cenderung mahal, tidak tahan lama dan tidak ramah pakai untuk pengguna. Hal ini menjadi bahan pertimbangan untuk penyandang disabilitas dalam



memilih kaki prostetik dan menjadi tantangan tersendiri bagi Yayasan Difabel Mandiri dalam mengembangkan produknya. Potensi industri Yayasan Difabel Mandiri dapat dilihat dari permintaan produk kaki prostetik yang mengalami peningkatan dalam waktu 12 bulan selama tahun 2016 seperti terlihat dalam gambar 1.



Sumber: Yayasan Difabel Mandiri

Gambar 1 Jumlah Permintaan Kaki Palsu

Ada 9 jenis kesalahan pola berjalan (*amputee gait deviation*) pada pengamatan awal penggunaan kaki prostetik Yayasan Difabel Mandiri, diantaranya yang paling banyak muncul adalah *lateral trunk bending*, *circumduction*, dan *whip*. Proses penerimaan tubuh terhadap kaki prostetik ditentukan oleh suplai energi tubuh, karakter aktivitas yang mengharuskan pemakaian kaki prostetik, dan temperatur lingkungan. Ketiga faktor tersebut mempengaruhi proses adaptasi pola berjalan pada penyandang disabilitas atas lutut.

Adanya kesalahan pola berjalan pada penggunaan kaki prostetik Yayasan Difabel Mandiri membuktikan bahwa ada ketidakseimbangan dan ketidaknyamanan berjalan yang dialami oleh konsumen. Dua kondisi tersebut merupakan gejala rendahnya efisiensi berjalan pada penyandang disabilitas. Rendahnya efisiensi berjalan dapat mengakibatkan peningkatan frustrasi penyandang disabilitas terhadap alat bantu kaki prostetik dan penurunan kepuasan terhadap produk yang dikeluarkan oleh Yayasan Difabel Mandiri. Untuk mengatasi kondisi tersebut diperlukan peningkatan performansi desain kaki prostetik yang sesuai dengan aspek tugas dan kebutuhan penyandang disabilitas. Grandjean dan Kroemer (1997) menyatakan bahwa prinsip *fitting the task to human* akan dapat menserasikan *amputee* dari mulai proses rehabilitasi, kaki prostetik, bahan, teknologi, cara berjalan dengan lingkungan, kebolehan dan keterbatasan agar dihasilkan efisiensi berjalan dan kualitas hidup setinggi-tingginya.

Oleh karena itu, penelitian ini diperlukan untuk melakukan modifikasi desain kaki prostetik. Modifikasi desain ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi berjalan penyandang disabilitas atas lutut dan meminimalisasi keluhan jangka panjang penggunaan kaki prostetik. Dengan itu, kenyamanan berjalan dan kepuasan konsumen Yayasan Difabel Mandiri dapat meningkat.

2. Metodologi

Metode yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada metode perancangan produk yang dirumuskan oleh Ulrich dan Eppinger (2001) yang terdiri atas tahapan sebagai berikut.

- Studi Pendahuluan
- Perencanaan Penelitian
- Pengembangan Konsep



- Perancangan Kaki Prostetik
- Uji Coba dan Evaluasi
- Penarikan kesimpulan dan saran

2.1 *Studi Pendahuluan*

Studi pendahuluan terdiri atas survei lapangan, wawancara perangkat terkait, dan studi literatur. Survei lapangan dan wawancara bertempat di lokasi industri Yayasan Difabel Mandiri. Studi literatur meliputi proses pencarian referensi mengenai penelitian serupa baik di Indonesia maupun di luar negeri.

2.2 *Perencanaan Penelitian*

Perencanaan penelitian merupakan proses penyusunan kerangka berpikir dan teknis penelitian. Penyusunan kerangka berpikir meliputi penyusunan latar belakang, penentuan rumusan masalah dan tujuan penelitian. Acuan penelitian ini ada pada sumber informasi terkait disabilitas dan kapabilitas industri Yayasan Difabel Mandiri. Metode terpilih untuk pengamatan adalah metode analisis visual pola berjalan dan pengamatan dengan rekaman video (New York University, 1986).

2.3 *Pengembangan Konsep*

Tahapan ini terdiri atas identifikasi dan analisis masalah, penentuan alternatif desain, dan proses pemilihan desain. Metode analisis visual pola berjalan dilakukan dengan mengamati siklus *gait* penyandang disabilitas atas lutut saat menggunakan kaki prostetik Yayasan Difabel Mandiri. Dari variabel berjalan akan dapat diidentifikasi jenis kesalahan berjalan (*amputee gait deviation*) yang terjadi. Ada penyakit yang menyebabkan kelainan sistem gerakan tubuh manusia baik yang dapat diamati manusia maupun yang tidak (Whittle, 2007). Oleh karena itu, *Prosthetic Evaluation Questionnaire* (PEQ) juga digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui keluhan penyandang disabilitas yang tidak dapat diamati oleh mata.

2.4 *Perancangan Kaki Prostetik*

Perancangan kaki prostetik merupakan proses pelaksanaan produksi kaki dalam ranah teknis meliputi persiapan material, persiapan tenaga kerja, dan proses perakitan. Tahapan ini dilakukan agar desain kaki prostetik dapat diproduksi dan diujicobakan pada penyandang disabilitas. Pada penelitian ini, proses pembuatan dilakukan oleh pihak industri Yayasan Difabel Mandiri.

2.5 *Uji Coba dan Evaluasi*

Uji coba merupakan proses penggunaan produk kaki prostetik yang telah dimodifikasi untuk mengetahui pengaruhnya pada pola berjalan penyandang disabilitas. Alternatif modifikasi desain kaki prostetik diujicobakan kepada 12 orang penyandang disabilitas atas lutut yang telah menggunakan setiap desain kaki prostetik dalam waktu minimal empat minggu. Evaluasi produk kaki prostetik dilakukan melalui dua pendekatan. Pertama adalah pendekatan objektif yaitu dengan melihat hasil pengamatan pola berjalan secara visual dari rekaman video. Kedua dengan kuesioner PEQ dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan produk kaki prostetik pada kualitas hidup penyandang disabilitas atas lutut. Proses selanjutnya adalah analisis alternatif solusi yaitu pemilihan hasil modifikasi desain kaki prostetik terbaik.

2.6 *Penarikan Kesimpulan dan Saran*

Proses perancangan desain akan menghasilkan analisis yang akan menjawab rumusan masalah dalam sebuah kesimpulan. Perbaikan atas penelitian yang telah dilakukan akan dijadikan rekomendasi tindak lanjut.



3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh modifikasi desain kaki prostetik dalam meningkatkan kepuasan konsumen Yayasan Difabel Mandiri. Untuk itu dilakukan proses perancangan modifikasi desain dan pembahasan hasilnya sebagai berikut.

3.1 Analisis Desain Saat Ini

Proses pembuatan kaki prostetik atas lutut pada Yayasan Difabel Mandiri dimulai dengan pengukuran antropometri tubuh seperti pada gambar 2.



Gambar 2 Pengukuran Lingkar Paha

Proses pembuatan diperlihatkan pada gambar 3, dimulai dari telapak kaki berbahan kayu kemudian melapisinya dengan karet. Setelah itu telapak kaki akan disambungkan dengan *shank* berupa tongkat besi untuk selanjutnya disambungkan dengan sendi lutut kaki prostetik. Sendi tersebut akan disambungkan pada *socket* yang dibentuk dari paralon (PVC). *Socket* dan *shank* akan di lapi busa hati lalu dibentuk sesuai ukuran kaki. Tahapan terakhir adalah pemasangan suspensi berupa sabuk dan pengemasan.



Gambar 3 Desain Awal Kaki Prostetik

Pada pengamatan pola berjalan, ada tiga kelompok kesalahan berjalan yang terjadi. Kelompok pertama meliputi *lateral trunk bending* dan *circumduction* yang terjadi pada setiap penyandang disabilitas. Lalu kelompok kedua terdiri atas *whip*, *foot slap*, *excessive heel rise*, dan *uneven step length* yang angka kejadiannya diatas 40%. Kelompok terakhir meliputi *abducted gait*, *anterior trunk bending*, dan *reduced heel rise* dengan angka kejadian diatas 25%. Kesalahan berjalan memberikan pengaruh pada nilai skala PEQ (rentang 1-100) seperti pada tabel 1.

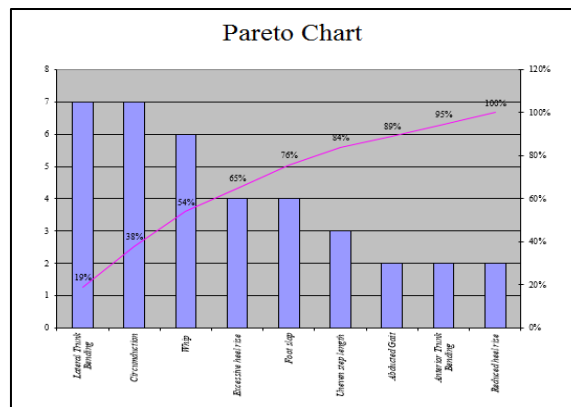


Tabel 13 Nilai Skala PEQ Desain Awal

No	Nama Skala	Nilai Rerata
1	Ambulasi (AM)	67,9
2	Penampilan (AP)	84,6
3	Frustrasi (FR)	65,9
4	Respon yang Diterima (PR)	81,2
5	Kesehatan Tungkai (RL)	78,1
6	Beban Sosial (SB)	74,4
7	Suara (SO)	72,3
8	Kegunaan (UT)	69,7
9	Kesejahteraan (WB)	77,4
10	Kepuasan	69,2
11	Rasa Sakit	72,0
12	Kemampuan Perpindahan	72,7
13	Pelayanan Prostetik	71,9
14	Keberhasilan Diri	71,7
15	Pertanyaan Lain	75,7

3.2 Perancangan Alternatif Desain

Prioritas penyelesaian masalah kesalahan berjalan pada penggunaan kaki prostetik dengan desain awal dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 4 Pareto Kesalahan Berjalan

Tiga jenis kesalahan pertama pada gambar merupakan sumber keluhan otot bagian pinggul yang lebih sering muncul dibandingkan dengan bagian yang lain. Kelainan pada pinggul akan mengakibatkan mekanisme anggota gerak tubuh bagian bawah tidak berjalan sempurna sehingga diperlukan perbaikan desain kaki prostetik.

Metode perumusan pada penelitian ini adalah diskusi grup yang diikuti oleh pihak berkepentingan dalam perancangan kaki prostetik Yayasan Difabel Mandiri. Pihak tersebut meliputi pemilik industri Yayasan Difabel Mandiri, pengguna kaki prostetik, dan penulis. Fokus modifikasi desain ada pada lutut kaki prostetik. Dihasilkan lima alternatif yang dipertimbangkan dari aspek bahan, desain, dan berat sesuai kapabilitas produksi. Hasil menunjukkan bahwa lutut kunci dan lutut pegas seperti pada gambar 5 terpilih sebagai desain yang akan diujicobakan kepada subjek penelitian.





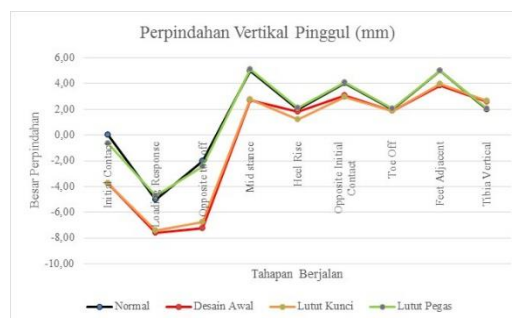
Gambar 5 Desain Alternatif Uji Coba

3.3 Uji Coba Hasil Perancangan

Salah satu contoh proses uji coba modifikasi desain kaki prostetik diperlihatkan pada gambar 6. Hasil ujicoba dapat dilihat pada gambar 7 sampai gambar 10 yang menunjukkan selisih nilai variabel berjalan manusia. Selisih nilai tersebut menunjukkan adanya perbedaan ukuran perpindahan bagian tubuh manusia. Semakin jauh nilainya dengan nilai variabel berjalan manusia normal maka semakin mengindikasikan ada kesalahan berjalan pada penggunaan kaki prostetik. Kesalahan berjalan yang muncul berbanding terbalik dengan efisiensi berjalan penyandang disabilitas. Perbandingan jumlah kesalahan berjalan dapat dilihat pada gambar 11. Kemudian pada gambar 12 diperlihatkan perbandingan nilai PEQ yang menggambarkan pengaruh modifikasi setiap desain kaki prostetik pada kualitas hidup penyandang disabilitas.

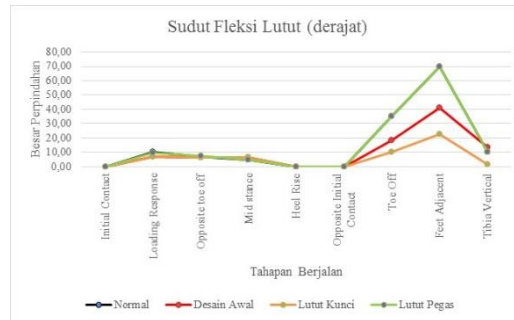


Gambar 6 Uji Coba Fase Stance

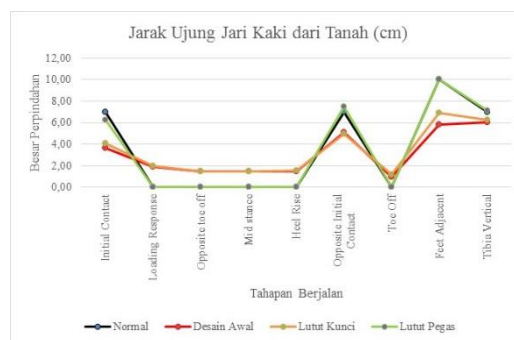


Gambar 7 Perbandingan Ukuran Perpindahan Vertikal Pinggul

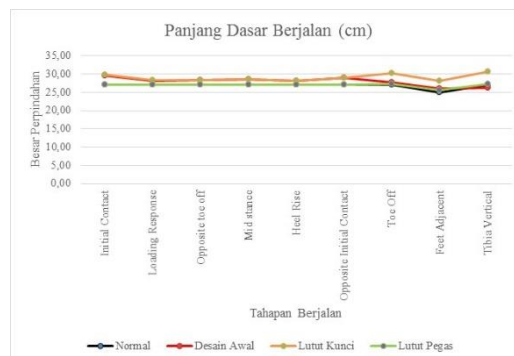




Gambar 8 Perbandingan Ukuran Sudut Fleksi Lutut

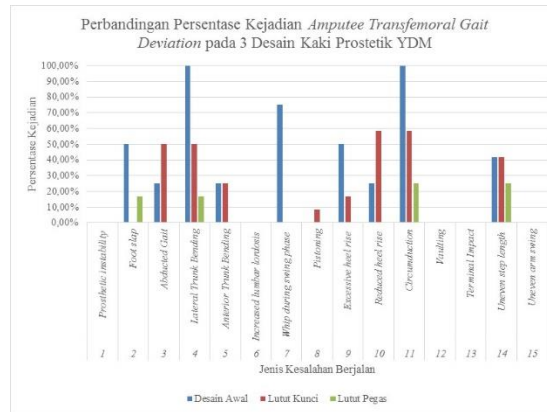


Gambar 9 Perbandingan Ukuran Jarak Ujung Jari Kaki dari Tanah

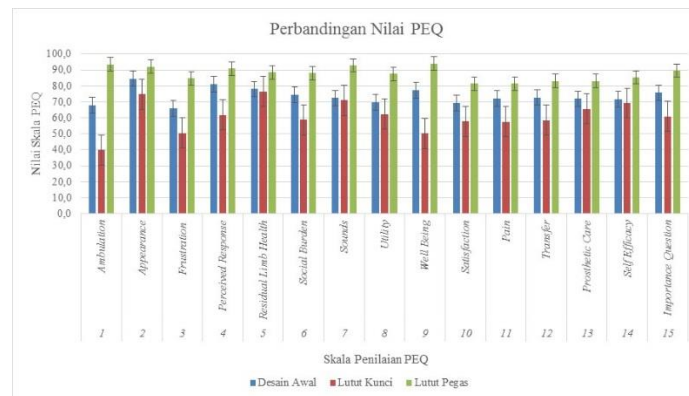


Gambar 10 Perbandingan Ukuran Panjang Dasar Berjalan





Gambar 11 Perbandingan Persentase Kesalahan Berjalan Uji Coba



Gambar 12 Perbandingan Nilai PEQ



3.4 Pembahasan

Dasar dari penelitian ini adalah hasil evaluasi desain awal kaki prostetik Yayasan Difabel Mandiri yang menunjukkan bahwa efisiensi berjalan dan kualitas hidup yang diberikan masih belum memenuhi kebutuhan. Sebagian besar industri rumahan bertujuan untuk dapat memberikan harga terjangkau untuk penyandang disabilitas dengan kondisi ekonomi menengah ke bawah. Pada penelitian ini dilakukan proses pembuatan kaki prostetik. Terdapat perbedaan selisih kenaikan biaya material pembuatan kaki prostetik. Pada desain kaki prostetik dengan lutut kunci terdapat kenaikan sebesar 4% biaya awal dan 3% pada lutut pegas. Perbedaan tersebut masih memungkinkan untuk produksi jenis yang mana saja. Akan tetapi perlu dipertimbangkan juga aspek kenyamanan penggunaan. Menurut konsumen, produk yang dikeluarkan oleh Yayasan Difabel Mandiri sudah cukup membuat tingkat percaya diri naik. Sebagian besar penyandang disabilitas masih fokus untuk bisa menggunakan kaki prostetik dengan lancar, belum sampai pada kebutuhan akan penampilan estetik sebagai gaya hidup.

Berdasarkan frekuensi kesalahan berjalan yang diamati pada pengamatan, ada 3 kelompok penyimpangan yang terjadi pada penggunaan desain awal. Kelompok pertama terdiri atas *lateral trunk bending*, *circumduction*, dan *whip* dengan angka kejadian dari 75%-100%. *Lateral trunk bending* yang terjadi dikarenakan oleh adanya kesalahan pengukuran antropometri dan rasa sakit yang muncul pada pinggul sehingga mengakibatkan kaki tidak mampu melangkah sempurna. Kemudian penyimpangan selanjutnya adalah *whip* dan *circumduction* yaitu adanya kesalahan panjang kaki secara fungsional pada fase jalan tertentu sehingga menyebabkan kaki mengayun ke arah luar pada fase *swing*. Terjadinya penyimpangan berjalan jenis ini dikarenakan kegagalan mekanisme kerjasama 3 sendi vital yaitu sendi pinggul, sendi lutut dan sendi *ankle*. Jenis penyimpangan pada kelompok pertama akan menyebabkan adanya perpindahan pinggul dan badan penyandang disabilitas melebihi jarak perpindahan normal.

Kelompok kedua adalah *foot slap*, *excessive heel rise*, dan *uneven step length*. Tiga jenis kesalahan tersebut disebabkan oleh kesalahan ukuran dan mekanisme lutut prostetik. Lutut merupakan sendi dengan mekanisme paling rumit untuk dibuat prostetiknya karena kerja lutut melibatkan otot, tulang, dan sendi lain untuk dapat melaksanakan fungsinya dengan baik. Dampak dari gejala ini adalah munculnya selisih panjang dasar berjalan. Kemudian, penyimpangan pada kelompok ketiga meliputi *abducted gait*, *anterior trunk bending*, dan *reduced heel rise* merupakan penyimpangan sekunder yang muncul karena adanya penyimpangan lainnya.

Untuk menangani jenis kesalahan berjalan yang terjadi di atas dirumuskan 2 alternatif modifikasi desain. Alternatif pertama yaitu desain kunci muncul karena ada kesulitan dengan kondisi lutut yang tidak stabil pada jenis *free knee*. Kondisi tersebut menyebabkan adanya *prosthetic instability* yang menyebabkan penyandang disabilitas dapat terjatuh tiba-tiba. Kemudian adanya alternatif modifikasi kedua yaitu lutut pegas ditujukan untuk memudahkan proses fleksi lutut sehingga beban saat berpindah tempat tidak tertumpu pada otot pinggul. Dengan adanya bantuan tersebut, maka energi yang dikeluarkan oleh penyandang disabilitas atas lutut tidak banyak yang terbuang.

Pengaruh perbedaan desain kaki prostetik pada kualitas hidup penyandang disabilitas ditunjukkan oleh nilai skala PEQ. Nilai PEQ pada desain awal skala *ambulation*, *frustration*, *utility* dan *satisfaction* ada dalam kisaran nilai 60% kepuasan. Sedangkan *appearance* dan *perceived response* bernilai paling tinggi mencapai angka 80%. Nilai tersebut mengerucut pada akar permasalahan adanya ketidakmampuan desain untuk memfasilitasi penyandang disabilitas untuk memobilisasi dirinya dengan baik dan melakukan aktivitas sehari-hari dengan lancar. Nilai yang diperlihatkan dari skala PEQ telah diuji sebagai variabel respon yang signifikan untuk membandingkan tiga desain kaki prostetik pada penelitian ini. Rincian nilai skala PEQ menunjukkan bahwa konsumen di Indonesia lebih nyaman menggunakan modifikasi desain dengan penambahan pegas di bagian lutut. Terbukti dari kenaikan nilai pada skala ambulasi sebesar 20% dan rata-rata nilai keseluruhan naik sebesar 14%.



4. Kesimpulan dan Saran

Kepuasan konsumen Yayasan Difabel Mandiri meningkat pada penggunaan modifikasi desain lutut pegas. Kepuasan konsumen terhadap modifikasi desain kaki prostetik ditunjukkan oleh dua parameter yaitu penurunan jenis kesalahan pola berjalan dan kenaikan nilai skala PEQ. Pada penggunaan desain awal terdapat penurunan kesalahan berjalan sebanyak lima jenis. Kemudian nilai rata-rata skala PEQ naik dari 74 menjadi 88.

Rincian perbaikan desain kaki prostetik utas pegas meliputi sistem suspensi yang dilingkarkan pada pinggang, bentuk paha dari pipa paralon, lutut *single axis* dengan penambahan satu pasang pegas, dan *fixed ankle* pada telapak kaki. Secara teknologi, modifikasi perbaikan ini sangat sederhana akan tetapi kebutuhan penyandang disabilitas di Indonesia masih memprioritaskan aspek aksesibilitas bukan hanya untuk tampilan melainkan sampai pada kegunaan barang. Kegunaan yang dimaksudkan adalah kemampuan desain kaki prostetik untuk memenuhi kebutuhan konsumen agar bisa digunakan dengan nyaman dalam kegiatan sehari-hari dan tidak menimbulkan keluhan pada otot penyandang disabilitas.

Daftar Pustaka

- Bachtar, D., Audy, Jamari, dkk (2014). Perancangan Biomekanisme Sendi Proteza untuk Pasien Amputasi Tungkai di Atas Lutut dengan Desain Ergonomi dan Fleksibel. *Prosiding SNST* (hlm. 19-25). Semarang : Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
- Bernadhetta, F. H. (2010). *Kajian Dynamic Gait bagi Pengguna Prosthetic Atas Lutut Endoskeletal Sistem Energy Storing dengan Mekanisme 2 Bar*. Tugas Akhir Program Sarjana. Surakarta : Jurusan Teknik Industri UNS.
- Brunner, L.S., dan Suddarth, D. (2002) *Manual of Nursing Practice, 5th ed.* Philadelphia : J.B. Lippincott Co.
- Chaffin, D., dan Anderson, G. J. (2006). *Occupational Biomechanics 4rd ed.* New York, USA: John Willey & Sons.
- Esquenazi, A. (2014). Gait Analysis in Lower Limb Amputation and Prosthetic Rehabilitation. *Journal of Physical Medic Rehabilitation and Clinics North America*. **25**. 67-153.
- Fauziah, R.A. (2014). *Pengembangan Desain Kaki Prostetik yang Berbasis Low-Cost untuk Industri Kecil Kaki Palsu di Indonesia*. Tugas Akhir Program Sarjana. Bandung : Prodi Desain Produk ITB.
- Grandjean, E., dan Kroemer, K.H.E. (1997). *Fitting the Task to the Man, 5th ed.* London: Taylor & Francis Inc.
- Herdiman, L. (2016). *Modifikasi Pergelangan Kaki Prostetik Berbasis Ergonomi Total Meningkatkan Efisiensi Berjalan dan Kualitas Hidup Amputee Transtibial di Solo-Jawa Tengah*. Disertasi Program Doktor. Bali : Program Pasca Sarjana Universitas Udayana.
- Irfan, M. (2010). *Fisioterapi bagi Insan Stroke*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kementerian Hukum dan HAM RI. (2016). *Undang-Undang RI Nomor 8 Tahun 2016 tentang Penyandang Disabilitas*. Jakarta : Kementerian Hukum dan HAM RI.
- Kementerian Kesehatan RI. (2007). *Riset Kesehatan Dasar*. Jakarta : Kementerian Kesehatan RI.
- Kementerian Sosial RI. (2014). *Buletin Jendela Data dan Informasi: Situasi Penyandang Disabilitas*. Jakarta : Kementerian Kesehatan RI.
- Kementerian Sosial RI. (2016). *Pendataan Penyandang Masalah Kesejahteraan Sosial*. Jakarta : Kementerian Sosial RI.
- Littlefield, C. L., dan Peterson, R. L. (1956). *Modern Office Management*. USA: Prentice Hall.
- Manuaba, A. (2005). *Ergonomi dalam Industri*. Denpasar : Universitas Udayana.
- Muhammad, K. A. (2016). *Analisis dan Modifikasi Desain Lutut Prostetik Enam Batang dengan Metode Design for Manufacture and Assembly (DFMA)*. Tugas Akhir Program Sarjana. Bandung : Prodi Teknik Mesin ITB.
- New York University. (1986). *Manual Book of Lower Limb Orthotics*. New York: New York University Postgraduate Medical School.



- Nurmianto, E. (1996). *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya Edisi Pertama*. Jakarta: PT. Guna Widya.
- Perry, J., dan Burnfield, J.M. (2010). *Gait Analysis, Normal and Pathological Function. 2nd Ed.* USA: SLACK Incorporated USA.
- Prinsen, E.C., Nederhand, M.J., dan Sveinsdottir, H.S. (2016). The influence of a user-adaptive prosthetic knee across varying walking speeds : A randomized cross-over trial. *Journal of Gait and Posture*. **51**. 254-260.
- Prosthetics Research Study. (1998). *Guide for the Use of the Prosthesis Evaluation Questionnaire*. USA : Prosthetics Research Study.
- Prosthetics Research Study. (1998). *Prosthesis Evaluation Questionnaire*. USA : Prosthetics Research Study.
- Rebecca, A. B., George F. H., Guy G. S., dkk (1997). A system for the analysis of upper body loads during walker-assisted gait. *Journal of Gait and Posture*. **5**. 93-187.
- Safer, V.B., Yavuzer, G., Demir, S.O., dkk (2015). The prosthesis evaluation questionnaire : reliability and cross-validation of the Turkish version. *Journal of Physical Therapy Science*. **27**. 1677-1680.
- Smeltzer, S. C. (2010). *Handbook for Brunner and Suddarth's Textbook of Medical-Surgical Nursing 12th ed.* Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Smith, D., Michael J. W., dan Bowker J. H. (2011). *Atlas of Amputations and Limb deficiencies. Surgical, prosthetic and rehabilitation Principles 3rd ed.* USA: American Academy of Orthopaedic Surgeons.
- Stahel, P.F., Oberholzer A, Morgan S.J., dkk. (2006). Concepts of transfemoral amputation: Burgess technique versus modified Bruckner procedure. *ANZ Journal of Surgery*. **76**. 942-6.
- Suhendra, dkk. (2012). Pembuatan Prototipe Organ Kaki Prostetik Berbasis Rekayasa Biomekanika untuk Pasien Penyandang Cacat. *Prosiding InSINas RISTEKDIKTI* (hlm. 1-7). Bandung : Pusat Teknologi Material BPPT Jakarta.
- Sutalaksana, I. Z., Anggawisastro R., dan Tjakraatmadja, J.H. (2006). *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: ITB.
- Ulrich, K.T., dan Eppinger, S.D. (2001). *Product Design and Development 6th ed.* New York: Mc.Graw-Hill.
- Whittle, M.W. (2007). *Gait Analysis: an Introduction*. United Kingdom: Elsevier Ltd.
- WHO. (2011). *World Report on Disability*. Switzerland: WHO Press.
- Wibowo, H. (2013). *Studi ergonomi tentang keluhan-keluhan fisik yang dialami karyawan di unit perpustakaan fakultas kedokteran Universitas Gajah Mada Yogyakarta*. Tugas Akhir Program Sarjana. Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Kalijaga.
- Wignjosoebroto, S. (2013). *Analisis Ergonomi Terhadap Rancangan Fasilitas Kerja Pada Stasiun Kerja Dibagian Skiving Dengan Antropometri Orang Indonesia (Studi Kasus Di Pabrik Vulkanisir Ban)*. Kerjasama Proyek Penelitian ITS dan UMI. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri.
- Zahedi, S.G.H., Smart, C., dan Evans, A. (2009). Holly Grail of Prosthetic Foot Design. *Journal of Biomechanics*. **35**. 1405-1410.



Kajian Teoritis Peran Manajer Menengah di Proyek sebagai *Boundary Spanner*

Elanjati Worldailmi, Budi Hartono

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika 2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telp. +62-274-513665
E-mail: worldailmi@gmail.com

Intisari

Middle manager merupakan posisi yang khas, yaitu berada di antara atasan dan bawahan. Middle manager telah banyak dibahas dalam konteks manajemen operasi dan diketahui memiliki peran penting, sedangkan middle manager dalam konteks manajemen proyek masih terbatas pembahasannya. Sementara, antara manajemen operasi dan manajemen proyek terdapat perbedaan. Middle manager proyek merupakan project leader yang berhubungan dengan boundary spanning, padahal boundary spanning diketahui dapat mempengaruhi kinerja. Dari posisi unik yang sama dengan middle manager operasional, middle manager proyek diduga memiliki peran penting bagi kinerja proyek. Maka, dibangun framework yang menghubungkan antara karakteristik boundary spanning, kinerja middle manager proyek, dan kinerja proyek. Framework tersebut dibangun dari hipotesis yang berasal dari literatur yang dikaitkan dengan middle manager proyek.

Kata Kunci: boundary spanning, middle manager, kinerja, manajemen proyek

1 Pendahuluan

Middle manager merupakan posisi yang unik, karena memiliki dua peran, yaitu sebagai atasan sekaligus sebagai bawahan. Karena itu, *middle manager* memiliki karakter yang khas, yaitu *low power* terhadap atasan dan *high power* terhadap bawahan (Anicich dan Hirsh, 2017). *Power* melibatkan kemampuan suatu pihak untuk mempengaruhi pihak lain. *Power* merupakan variabel yang dinamis sesuai perubahan kondisi (Yukl, 2006).

Dalam konteks manajemen operasi, *middle manager* merupakan posisi di antara *top manager* dan *first line manager*. *Middle manager* memiliki peran yang penting bagi kesuksesan suatu organisasi (Ameson, 2008). Menurut Uytterhoeven (1972), *middle manager* adalah orang yang bertanggung jawab pada sebagian unit bisnis pada level menengah di hierarki perusahaan. *Middle manager* bertugas untuk menerjemahkan strategi menjadi eksekusi (Alamsjah, 2011) dan memiliki peran antara untuk *top manager* dan pekerja (Brubakk & Wilkinson, 1996). *Scope* dalam pembuatan strategi tidak hanya dilakukan oleh *top manager* tetapi juga dilakukan oleh *middle manager* (Andersen, 2004). *Middle manager* memiliki peran penting dalam pembangunan kemampuan organisasi dan pada akhirnya untuk meningkatkan kinerja perusahaan (Ouakouak et al., 2014). *Middle manager* menjadi mediator/penengah antara level organisasi dan unit fungsional (Balogun & Johnson, 2004).

Dalam konteks proyek, *middle manager* memiliki posisi di bawah *project manager*. Berbeda dengan konteks operasional, proyek memiliki ciri yang berbeda jika dibandingkan dengan konteks operasional. Proyek merupakan kegiatan dalam waktu sementara yang dilakukan untuk mencapai tujuan tertentu yang bersifat unik (*Project Management Institute*, 2013). Proyek memiliki batasan waktu tertentu dalam pengerjaannya, sementara operasional memiliki waktu yang terus-menerus/rutinitas dalam pengerjaannya. Proyek disebut unik karena melibatkan



kegiatan yang bersifat nonrutin. Serangkaian kegiatan dirancang untuk tujuan tunggal. Sifat proyek dengan batasan waktu dan unik inilah yang membedakan tingkat kesulitan antara proyek yang satu dengan proyek yang lain.

Dalam tugasnya pada konteks proyek, *middle manager* mengelola pekerjaannya sesuai arahan *project manager* dan sekaligus sebagai *leader* terhadap timnya. *Leading* proyek berbeda dengan *leading* departemen (*Project Management Institute*, 2013). *Project leader* mengkoordinasi tim yang bisa jadi belum pernah bekerja bersama. Tim tersebut berasal dari latar belakang ilmu yang beragam, dengan ketrampilan, karakter, kebiasaan, dan *ethics* yang bervariasi. Selain itu, struktur organisasi pada proyek berbeda dengan operasional. Seseorang yang memiliki tugas dan posisi dalam suatu proyek dapat sekaligus memiliki tugas dan posisi dalam pekerjaan rutinitasnya (operasional).

Middle manager pada proyek memiliki lintasan komunikasi secara horizontal dan vertikal. *Middle manager* pada proyek memiliki atasan pada manajemen proyek dan manajemen operasi serta memiliki atasan dan bawahan pada proyek. *Middle manager* proyek merupakan seorang *project leader*. Menurut Brion et al. (2012), *project leaders* merupakan *boundary spanner*. *Project leaders* berhubungan dengan aktivitas *boundary spanning*, seperti berkoordinasi dengan aktor eksternal, *scanning* informasi dan ide, memperoleh dukungan politik, serta melindungi tim. *Boundary spanning* adalah kemampuan yang penting untuk menyeberangi semua level *leadership* (Yip et al., 2009). *Middle manager* pada proyek perlu memiliki kemampuan *boundary spanning*, atau kemampuan melewati berbagai lintasan level dan bagian. Sementara, menurut Gull et al. (2014), *boundary spanning* dapat mempengaruhi kinerja *project leader*.

Penelitian mengenai peran *project middle manager* atau *project leader* masih terbatas. Sementara, peran *middle manager* dalam konteks operasional telah banyak dibahas dan diketahui memiliki peran yang penting bagi manajemen. Dalam penelitian terkait proyek, kinerja proyek sering dikaitkan dengan peran *project manager* (Turner dan Muller, 2005).

Dalam penelitian terkait proyek, kesuksesan proyek sering dikaitkan dengan peran *project manager* (Turner dan Muller, 2005). Penelitian mengenai peran *project middle manager* atau *project leader* masih terbatas. Sementara, peran *middle manager* dalam konteks operasional telah banyak dibahas dan diketahui memiliki peran yang penting bagi manajemen. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian terkait peran *project middle manager* sebagai *project leader* yang berkaitan dengan aktivitas *boundary spanning* terhadap kinerja suatu proyek.

2. Metodologi

Objek penelitian ini adalah *middle manager* dalam konteks proyek. *Middle manager* dalam konteks proyek adalah posisi di bawah *project manager*. Apabila *size* proyek cukup besar, *middle manager* memiliki bawahan seorang *leader*, misalnya *supervisor*. Apabila *size* proyek kecil, *middle manager* langsung membawahi *team member*.

Penyebaran kuesioner dilakukan untuk mengumpulkan data. Unit analisis dalam penelitian ini adalah proyek. Pemilihan satu jenis proyek, yaitu proyek konstruksi dilakukan. Hal tersebut dilakukan agar tidak terjadi bias apabila terdapat banyak jenis proyek (karakteristik dapat berbeda pada jenis proyek yang berbeda). Teknik sampling yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan *purposive/judgement sampling*. *Purposive sampling* merupakan pemilihan sampel secara tidak acak atau secara subjektif. Penelitian dilakukan pada proyek konstruksi, baik yang telah maupun sedang berjalan di Indonesia.

Pengolahan data yang digunakan adalah dengan SEM (*Structural Equation Modeling*). Menurut Hair et al. (2010), untuk model yang memiliki variabel konstruk/laten hingga lima konstruk, jumlah sampel yang digunakan setidaknya 100 sampel. Dalam penelitian ini, variabel konstruk yang digunakan sebanyak tiga, yaitu karakteristik *boundary spanning*, kinerja *middle manager* proyek, dan kesuksesan proyek.

Tahapan-tahapan yang dilakukan dari awal penelitian hingga akhir penelitian antara lain studi literature, identifikasi variabel, membangun model teoritis, merancang *instrument survey*,



melakukan *pilot study*, melakukan penyebaran instrument survey, serta menganalisis data dan menguji model teoritis. Namun dalam *paper* ini terbatas pada pembangunan *framework* yang digunakan sebagai model teoritis.

3. Hasil dan Pembahasan

Middle manager telah banyak dibahas dalam konteks manajemen operasional (Anicich & Hirsh, 2017; Ouakouak et al., 2014; Alamsjah, 2011; Caughron & Mumford, 2011; Hope, 2010). Sementara, posisi yang banyak dibahas dalam konteks manajemen proyek adalah *project manager* (Trivellas & Drimoussis, 2013; Obradovic et al., 2013; Tabassi et al., 2016a; Yang et al., 2011; Tabassi et al., 2016b; Yang et al., 2013; Umam, 2016; Hidayati, 2016). Dalam konteks operasional maupun proyek, Susanti (2016) membahas mengenai *top manager* yang dikaitkan dengan profil kepemimpinan, sementara Astakhova et al. (2010) membahas *middle manager* namun sebatas pengkategoriannya saja.

Pada manajemen operasi, *middle manager* berada di antara *top management* dan *first line manager*. Sementara, pada manajemen proyek, *middle manager* berada di antara *project manager* dan *team member* untuk proyek yang kecil, atau berada di antara *project manager* dan *supervisor* untuk proyek yang besar. Di samping itu, baik *project manager*, *middle manager*, maupun *team member* suatu proyek juga memiliki posisi/jabatan yang lain pada manajemen operasi. Atasan pada proyek bersifat sementara (hanya selama proyek berlangsung), sementara atasan pada operasional/fungsional bersifat terus-menerus (sejak sebelum sampai sesudah proyek berlangsung). Perbedaan antara manajemen operasi dan manajemen proyek ditunjukkan pada Tabel 1. Ilustrasi perbedaan antara *middle manager* pada manajemen operasi dan proyek ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Gambar 1 diambil dari struktur organisasi proyek untuk *strong matrix organization* dari PMBOK (PMI, 2013).

Tabel 1 Perbedaan Manajemen Operasi dan Manajemen Proyek

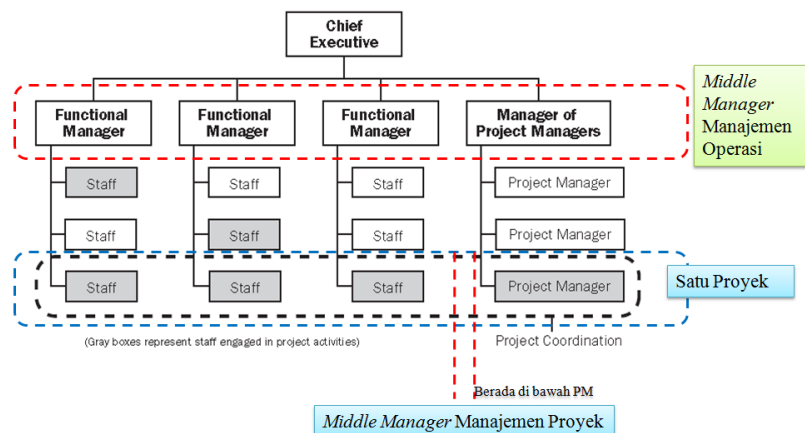
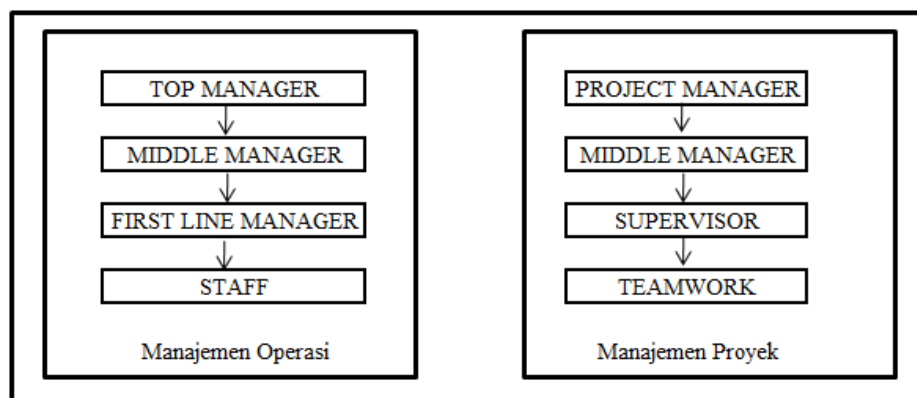
Pembeda	Manajemen Proyek	Manajemen Operasi
Jangka Waktu	Relatif pendek	Relatif panjang
Jenis Kegiatan	Tidak rutin (dinamis)	Rutin (berulang-ulang)
Intensitas Kegiatan	Berubah-ubah	Relatif sama
Batasan Anggaran & Jadwal	Sudah ditentukan	Tidak setajam proyek
Macam kegiatan	Berbagai disiplin ilmu	Tidak terlalu banyak
Kebutuhan Sumber Daya	Berubah-ubah (macam dan volume)	Relatif konstan
Lintasan Komunikasi & Tanggung Jawab	Vertikal & horizontal	Vertikal

Pada manajemen operasi, *middle manager* telah diketahui memiliki peran penting terhadap kinerja perusahaan/organisasi, antara lain:

- Middle manager* menjadi mediator/penengah antara level organisasi dan unit fungsional (Balogun & Johnson, 2004).
- Middle manager* berperan dalam peningkatan performansi (Boyett & Currie, 2004).
- Middle manager* memiliki peran di antara *top manager* dan pekerja (Brubakk & Wilkinson, 1996).
- Middle manager* bertugas untuk menerjemahkan strategi pada eksekusi (Alamsjah, 2011).
- Middle manager* berperan pada perubahan kesuksesan dan strategi inisiatif (Hope, 2010).
- Scope dalam pembuatan strategi tidak hanya dilakukan oleh *top manager* tetapi juga dilakukan oleh *middle manager* dan organisasi lain (Andersen, 2004).



- g. *Middle manager* memiliki tanggung jawab yang luas, seperti memanaj orang-orang yang berbeda, berhubungan dengan *task*, dan berhubungan dengan organisasi/perusahaan (Yang et al., 2010).
- h. *Middle manager* secara langsung berhubungan dengan *pipeline* untuk posisi *top manager* (Gentry et al., 2013).
- i. *Middle manager* memiliki peran penting dalam inovasi organisasi. *Middle manager* memiliki peran penting dalam pembangunan kemampuan organisasi dan pada akhirnya dapat meningkatkan performansi perusahaan. (Ouakouak et al., 2014).
- j. Integritas *middle manager* memiliki hubungan yang positif dengan performansi *top manager* (Gentry et al., 2013).
- k. *Middle manager* dapat mengurangi *organizational inertia*, *pre-emptpolitical behaviour* dalam proses strategi, dan menghapus batasan pengambilan keputusan yang dihadapi perusahaan (Collier et al., 2004).

Gambar 1 Posisi *Middle Manager* Manajemen Operasi dan ProyekGambar 2 Perbedaan *Middle Manager* Manajemen Operasi dan Proyek

Dalam organisasi proyek, semua posisi di proyek merupakan *boundary spanner* dengan tingkatan yang berbeda-beda. Manajer proyek merupakan seorang *boundary spanner* karena berperan dalam menjalin komunikasi dan berhubungan antar *stakeholder*, baik secara langsung maupun tidak langsung dengan proyek (Gustavsson, 2015). *Boundary spanning behaviour* pun berhubungan dengan *project team* dan *project leaders* serta kinerjanya (Gull et al., 2014). Tim proyek perlu membuat *external linkage* baik *within organization* maupun melewati *organizational boundaries* (Lee dan Swang, 2016). Sementara, menurut Brion et al. (2012), *project leaders* pun merupakan *boundary spanner*. *Project leaders* berhubungan dengan aktivitas

boundary spanning, seperti berkoordinasi dengan aktor eksternal, *scanning* informasi dan ide, memperoleh dukungan politik, serta melindungi tim.

Middle manager proyek merupakan seorang *project leader*. *Middle manager* pada proyek memiliki lintasan komunikasi secara horizontal dan vertikal. *Middle manager* pada proyek memiliki atasan pada manajemen proyek dan manajemen operasi serta memiliki atasan dan bawahan pada proyek. Maka, *middle manager* pada proyek perlu memiliki kemampuan melewati berbagai lintasan level dan bagian, atau disebut dengan *boundary spanning*. *Boundary spanning* adalah kemampuan yang penting untuk menyeberangi semua level *leadership* (Yip et al., 2009). Menurut Ernst dan Yip (2009) *boundary spanning leadership* merupakan kemampuan untuk menetapkan arah, keselarasan, dan komitmen lintas batas untuk pelayanan pada visi atau tujuan yang lebih tinggi.

Middle manager pada proyek sebagai *project leader*, memiliki lintasan komunikasi secara horizontal dan vertikal. *Middle manager* pada proyek memiliki atasan pada manajemen proyek dan manajemen operasi serta memiliki atasan dan bawahan pada proyek. Maka, *middle manager* pada proyek perlu memiliki kemampuan melewati berbagai lintasan level dan bagian, yang disebut dengan *boundary spanning*.

Boundary spanning adalah kemampuan yang penting untuk menyeberangi semua level *leadership* (Yip et al., 2009). *Boundary spanning* atau *boundary management* mengacu pada usaha anggota tim proyek dalam hubungannya dengan pihak eksternal organisasi atau lintas batas organisasi (Lee dan Swang, 2016). Menurut Ernst dan Yip (2009) *boundary spanning leadership* merupakan kemampuan untuk menetapkan arah, keselarasan, dan komitmen lintas batas untuk pelayanan pada visi atau tujuan yang lebih tinggi. *Boundary spanning* merupakan sebuah relasi sehingga hubungan personal *project leader* dapat secara signifikan mempengaruhi kemampuan untuk menjalankan peran mereka dengan sukses (Brion et al, 2012). *Boundary spanning* merupakan tindakan untuk membangun sebuah hubungan serta untuk memenej interaksi dengan pihak luar. Pada proyek dengan multidisiplin ilmu yang tinggi, *boundary spanning* merupakan bagian yang penting bagi peran *project leader*. *Boundary spanning* merupakan kemampuan serta usaha dalam menjalin dan memenej hubungan dengan pihak luar dirinya/timnya yang dapat mempengaruhi kinerjanya.

Tantangan untuk bekerja melewati *boundary spanning* terbesar antara lain *horizontal boundaries*, *geographic*, *demographic*, *stakeholder*, dan *vertical boundaries* (Yip et al., 2009). Kelima tantangan tersebut merupakan tipe/karakteristik *boundary spanning*. *Vertical boundaries* melewati level dan hierarki baik ke atas maupun ke bawah, *horizontal boundaries* melewati hubungan antar fungsi dan *expertise*, *stakeholder* yaitu di luar perusahaan atau dengan partner eksternal, *demographic* yaitu melewati perbedaan antar grup termasuk perbedaan personal seperti *gender*, pendidikan, dan ideologi, sementara *geographic* melewati batas jarak, lokasi, kultur, wilayah, dan pasar. Gambar 3 menunjukkan ilustrasi karakteristik *boundary spanning*. Sementara Gambar 4 menunjukkan ilustrasi peran *middle manager* proyek dalam hubungannya dengan *boundary spanning*.

				
<i>Vertical Boundaries</i>	<i>Horizontal Boundaries</i>	<i>Stakeholder Boundaries</i>	<i>Demographic Boundaries</i>	<i>Geographic Boundaries</i>
Menyeberangi level dan hierarki. Bekerja secara <i>upward</i> sengan kolega senior dan <i>downwards</i> dengan <i>direct report</i> .	Menyeberangi batasan fungsi dan <i>expertise</i>	Di luar batas proyek, dengan rekan eksternal.	Menyeberangi <i>diverse group</i> / perbedaan antar kelompok	Menyeberangi lintas wilayah dan lokalitas

Gambar 3 Karakteristik *boundary spanning* (Ernst dan Yip, 2009)



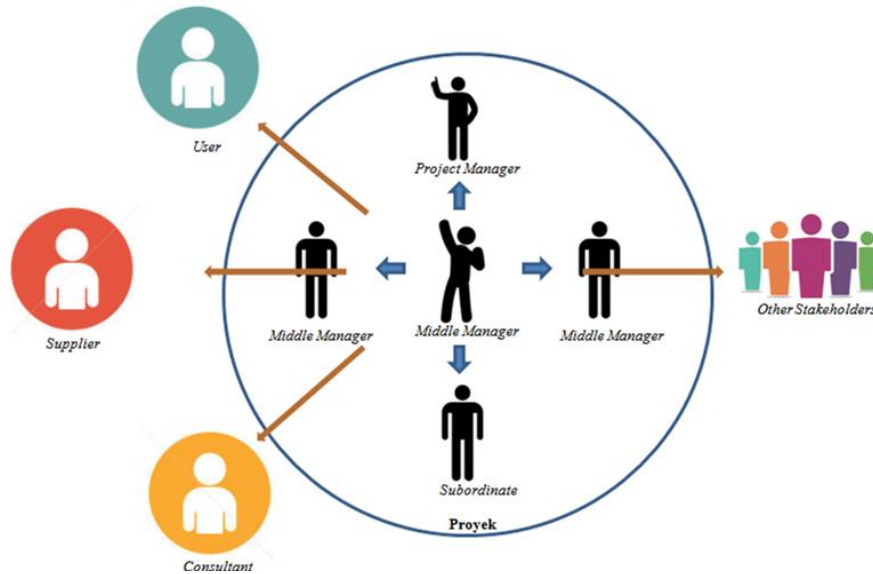
Menurut Gull et al. (2014), *boundary spanning* dapat mempengaruhi kinerja. Kinerja atau *performance* merupakan nilai dari prestasi atas pekerjaan yang telah dilakukan karyawan (Byars & Rue, 2004). *Performance* merupakan *interrelationship* antara *effort*, *abilities*, dan *role perceptions*. *Effort* merupakan hasil dari motivasi yang menunjukkan energy (fisik maupun mental) seorang individu dalam mengerjakan tugasnya. *Abilities* merupakan karakteristik seseorang dalam melakukan pekerjaan. *Role (task) perception* merupakan keyakinan seorang pekerja bahwa memang seharusnya melakukan *effort* dalam pekerjaannya. Aktivitas dan perilaku yang diyakini seseorang dibutuhkan dalam melakukan pekerjaannya dan menentukan *role perception* mereka.

Menurut Byars dan Rue (2004), *performance appraisal* merupakan proses untuk menentukan dan menyampaikan kepada pekerja bagaimana kinerjanya terhadap pekerjaan dan secara ideal dapat digunakan untuk membuat perencanaan perbaikan. Menurut Noe et al. (2006), *performance appraisal* merupakan proses yang dilakukan organisasi untuk memperoleh informasi mengenai seberapa baik seorang karyawan melakukan pekerjaannya. Dalam memperoleh *performance information* dapat berasal dari *managers*, *peers*, *subordinates*, *self*, dan *customer*. Walaupun *self-rating* jarang dilakukan, namun masih tetap dapat *valuable* (Noe et al., 2006). Metode *performance appraisal* yang paling populer digunakan oleh *American Management Association's Human Resources* yaitu MBO, *essay appraisal*, *critical-incident appraisal*, *graphic rating scale*, *checklist*, dan BARS (Noe et al., 2006).

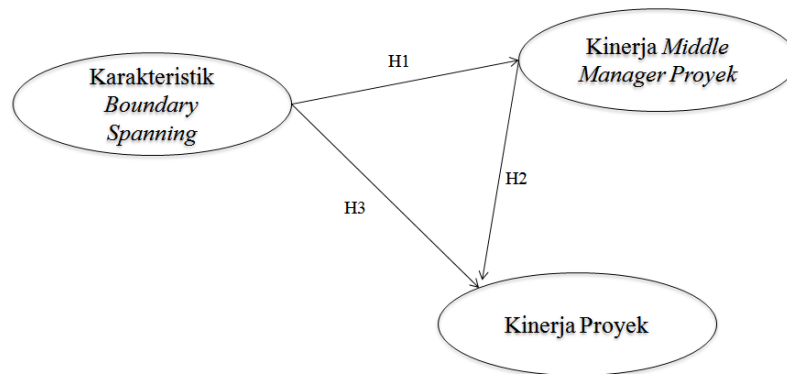
H1 : Karakteristik *boundary spanning* mempengaruhi kinerja *middle manager* proyek.

Kinerja proyek sering dikaitkan dengan kinerja *project manager* (Turner dan Muller, 2005). Tidak terdapat suatu *agreement* mengenai dimensi kesuksesan proyek sehingga kriteria kesuksesan proyek beraneka ragam. Sementara, penelitian mengenai kinerja proyek yang dihubungkan dengan kinerja *middle manager* proyek masih terbatas. Sementara jika melihat peran *middle manager* dalam konteks operasi, peran *middle manager* sangat penting dan mempengaruhi kinerja organisasi/perusahaan. Dengan melihat posisi unik dari *middle manager*, kinerja *middle manager* proyek pun diduga memiliki peran penting bagi kinerja proyek. Sementara, kinerja *project middle manager* ini diduga dipengaruhi oleh karakteristik *boundary spanning* sehingga dapat diuji pula hubungan antara karakteristik *boundary spanning* mempengaruhi kesuksesan proyek melalui kinerja *middle manager* proyek.. Gambar 5 menunjukkan model teoritis yang dibangun dari penelitian ini.





Gambar 4 *Boundary Spanning Middle Manager* Proyek



Gambar 5 Pembangunan model teoritis

- H2 : Kinerja *middle manager* proyek mempengaruhi kesuksesan proyek.
H3 : Karakteristik *boundary spanning* mempengaruhi kesuksesan proyek melalui kinerja *middle manager* proyek.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan literatur, *middle manager* proyek merupakan seorang *project leader* yang tidak terlepas dari *boundary spanning*. Sementara, *boundary spanning* dapat mempengaruhi kinerja. Maka, karakteristik *boundary spanning* dapat mempengaruhi kinerja *middle manager* proyek.

Middle manager manajemen operasi memiliki peran penting bagi organisasi/perusahaan. Dari kesamaan posisi, *middle manager* proyek diduga memiliki peran penting pula bagi kinerja proyek. Sementara kinerja *middle manager* dipengaruhi oleh karakteristik *boundary spanning*. Maka, dibangun model teoritis yang menghubungkan antara karakteristik *boundary spanning*, kinerja *middle manager* proyek, dan kinerja proyek.

Pada *paper* ini terbatas pada pembangunan *framework* sehingga perlu dilakukan lanjutan penelitian untuk menguji *framework* sebagai model teoritis. Dari ketiga variabel tersebut perlu diidentifikasi dimensi apa saja yang dapat mewakili masing-masing variabel.



Daftar Pustaka

- Alamsjah, F., 2011, Key Success Factors in Implementing Strategy: Middle-Level Manager's Perspectives, *Procedia Social and Behavioral Science* 24 (2011) 1444-1450.
- Ameson, S., 2008, Lead from The Middle: Influence up, down, and across, *Leadership Excellence* 25(3), 19.
- Andersen, T.J., 2004, Integrating The Strategy Formation Process: An International Perspective, *European Management Journal*, 22(3), 263-272.
- Anicich, E.M. & Hirsh, J.B., 2017, Why Being a Middle Manager is So Exhausting, *Harvard Business Review*, akses online 24 Maret 2017, URL: https://hbr.org/2017/03/why-being-a-middle-manager-is-so-exhausting?utm_campaign=hbr&utm_source=facebook&utm_medium=social.
- Astakhova, M., DuBois, C.L.Z., & Hogue, M., 2010, A Typology of Middle Managers in Modern Russia: An Intracultural Puzzle, *International Journal of Intercultural Relations* 34 (2010) 527-539.
- Balogun, J. & Johnson, G., 2004, Organizational Restructuring and Middle Manager Sensemaking, *Academy of Management Journal*, 47, 523-549.
- Blomquist, T. & Muller, R., 2006, Practices, Roles, and Responsibilities of Middle Manager in Program and Portfolio Management, *Project Management Journal*, 37 (1), 52-66.
- Boyett, I. & Currie, G., 2004, Middle Managers Moulding International Strategy: An Irish Start-Up in Jamaican Telecom, *Long Range Planning*, 31(1), 51-67.
- Brion, S., Chauvet, V., Chollet, B. & Mothe, C., 2012, Project Leaders as Boundary Spanners: Relational Antecedents and Performance Outcomes, *International Journal of Project Management* 30 (2012) 708-722.
- Brubakk, B. & Currie, G., 1996, Agents of Change? Bank Branch Managers and The Management of Corporate Culture Change, *International Journal of Service Industry Management*, 7(2), 21-43.
- Byars, L.L., Rue, L.W., 2004, *Human Resource Management*, International Edition, New York: McGraw-Hill International Edition.
- Caughron, J.J., Mumford, M.D., 2011, Embedded Leadership: How Do A Leader's Superior Impact Middle Management Performance?, *The Leadership Quarterly* 23 (2012) 342-353.
- Collier N, Fishwick F, Floyd SW, 2004, Managerial Involvement and Perception of Strategy Process, *Long Range Planning* 37: 64-83.
- Ernst, C. dan Yip, J., 2009, *Boundary Spanning Leadership: Tactics to Bridge Social Identity Group in Organizations*, In TL Pittinsky (Ed), *Crossing The Divide: Intergroup Leadership in A World of Difference* (pp.88-89), Boston: Harvard Business School Press.
- Gentry, W.A., Cullen, K.L., Sosik, J.J., Chun J.U., Leuphold, C.R., Tonidandel, S., 2013, Integrity's Place Among The Character Strengths of Middle-Level Managers and Top-Level Executives, *The Leadership Quarterly* 24 (2013) 395-404.
- Gull, M., Rashid, Y., Rafiq, U., Yusuf, N., 2014, Boundary-Spanning Behaviors of Leaders and Project Team Performance: A Study on Software Projects of Punjab-Pakistan, *Journal of Basic and Applied Scientific Research* 4 (4) 58-64, 2014.
- Gustavsson, T.K., 2015, New Boundary Spanners: Emerging Management Roles in Collaborative Construction Projects, *Procedia Economics and Finance* 21 (2015) 146-153.
- Hidayati, T.N., 2016, *Tugas Akhir: Kompetensi Kepemimpinan Manajer dan Hubungannya dengan Kinerja Proyek*, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hope, O., 2010, The Politics of Middle Management Sensemaking and Sensegiving, *Journal of Change Management*, 10, 195-215.
- Lee, S. and Sawang, S., 2016, Unpacking The Impact of Attachment to Project Teams on Boundary-Spanning Behaviors, *International Journal of Project Management* 34 (2016) 444-451.



- Noe, R.A., Hollenbeck, J.R., Gerhart, B., Wright, P.M., 2006, *Human Resource Management: Gaining a Competitive Advantage*, 5th Edition, New York: McGraw-Hill International Edition.
- Obradovic, V., Joajonic, P., Mihic, M., Mitrovic, Z., 2013, Project Manager's Emotional Intelligence – A Ticket to Success, *Social and Behavioral Sciences* 74 (2013) 274 – 284.
- Ouakouak, M.L., Ouedraogo, N., Mbengue, A., 2014, The Mediating Role of Organizational Capabilities in The Relationship Between Middle Manager's involvement and Firm Performance: An European Study, *European Management Journal* Volume 32, Issue 2, April 2014, Pages 305-318.
- Project Management Institute (PMI), 2013, *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)* 5th Edition, Project Management Institute Inc.
- Susanti, D.A., 2016, *Thesis: Perbandingan Profil Kepemimpinan Manajer Proyek dan Manajer Non-Proyek di Indonesia*, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tabassi, A.A., Agyropoulou, M., Roufechaei, K.M., Argyropoulou, R., 2016a, Leadership Behavior of Project Managers in Suitable Construction Project, *Computer Science* 100 (2016) 724 – 730.
- Tabassi, A.A., Roufechaei, K.M., Ramli, M., Bakar, A.B.A., Ismail, R., Pakir, H.K., 2016b, Leadership Competences of Sustainable Construction, *Journal of Cleaner Production*, Volume 124, 15 June 2016, Pages 339-349
- Trivellas, P., Drimoussis, C., 2013, Investigating Leadership Styles, Behavioural, and Managerial Competency Profiles of Successful Project Manager in Greece, *Social and Behavioral Sciences* 73 (2013) 692 – 700.
- Turner, J.R., Muller, R., 2005, The Project Manager's Leadership Style As A Success Factor On Project: A Literature Review, akses online 31 Maret 2017, URL: <https://www.pmi.org/learning/library/leadership-style-success-factor-projects-5536>.
- Uyterhoeven, H., 1972, General Managers in The Middle, *Harvard Business Review*, 67(5), 136-145.
- Wysocky, R. K., McGary, R., 2003, *Effective Project Management: Traditional, Adaptive, Extreme*, 3rd Edition, New York: Wiley.
- Yang, J., Zhang, Z., & Tsui, A.S., 2010, Middle Manager Leadership and Frontline Employee Performance: By pass, Cascading, and Moderating Effect, *Journal of Management Studies*, 47, 654-678.
- Yang, L.R., Huang, C.F., Wu, K.S., 2011, The Association Among Project Manager's Leadership Style, Teamwork, and Project Success, *International Journal of Project Management* 29 (2011) 258-267.
- Yang, L.R., Huang, C.F., Hsu, T.J., 2013, Knowledge Leadership to Improve Project and Organizational Performance, *International Journal of Project Management* JPMA-01505; No of Pages 14.
- Yip, J., Ernst, C., dan Campbell, M., 2009, *Boundary Spanning Leadership*, Center for Creative Leadership (CCL) Organizational Leadership White Paper Series.



Aplikasi Kaizen pada *Brake Assembly Line* untuk Meningkatkan Produktivitas *Line* (Studi Kasus: PT. XYZ)

Fadhilah Al Karimah, Eko Pujiyanto

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36A, Jebres, Kota Surakarta – Jawa Tengah, 57126
(0271) 662118
E-mail: fadhilahalkarimah96@gmail.com

Intisari

Permintaan pasar kepada perusahaan produsen yang cenderung fluktuatif dan mengikuti trend mendorong perusahaan untuk terus melakukan pengembangan dalam sistem produksinya agar tidak kalah bersaing dalam dunia bisnis. Keinginan untuk terus menjadi perusahaan yang terbaik mendorong setiap elemen perusahaan berkerja sama dalam mengadakan perbaikan setiap waktunya demi mencapai tingkat produksi dengan efisien tinggi dalam produktivitas yang optimal. Kaizen adalah salah satu metode untuk melakukan perbaikan berkelanjutan yang menghasilkan perbaikan yang berkesinambungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kaizen dan hasil penerapan kaizen terhadap peningkatan produktivitas pada brake assembly line 2 PT. XYZ. Penelitian dilakukan dengan cara mengetahui permintaan produksi dalam periode waktu Januari – Juni 2017, menghitung takt time produksi, menghitung cycle time production line, penerapan kaizen, dan menganalisis hasil dari penerapan kaizen pada line tersebut. Kaizen yang dilakukan adalah memperbaiki layout lantai produksi, menerapkan sistem karakuri, dan menerapkan sistem ejektor otomatis pada brake assembly line. Dengan adanya kaizen cycle time yang semula 27,5 detik menjadi 25 detik dibawah takt time yaitu 26,7 detik. Perubahan cycle time menghasilkan produktivitas line yang naik hingga 10% dan dapat memenuhi target permintaan produksi pada periode bulan Maret 2017.

Kata Kunci: Brake Assembly Line, Cycle Time, Kaizen, Produktivitas, Takt Time.

1. Pendahuluan

Menurut Boediono (1995) Permintaan pasar kepada perusahaan produsen yang cenderung fluktuatif dan mengikuti *trend* mendorong perusahaan untuk terus melakukan pengembangan dalam proses produksinya agar tidak kalah saing dalam dunia bisnis. Keinginan untuk terus menjadi perusahaan yang terbaik mendorong setiap elemen perusahaan bekerja sama dalam mengadakan perbaikan setiap waktunya yang mendorong pada tingkat produksi dengan efisien tinggi, tingkat *outcome* rendah, dan menghasilkan *income* yang tinggi bagi perusahaan.

Menurut Hansen (1994) *Kaizen* merupakan istilah dari bahasa Jepang yang memiliki arti perbaikan berkesinambungan. Dalam perusahaan, *Kaizen* merupakan perbaikan berkesinambungan yang melibatkan seluruh pekerja. Perbaikan berkesinambungan menggambarkan perubahan yang mencakup komunikasi secara terbuka dan penghapusan dari hambatan antara personil manajemen dengan non manajemen.

Dari data permintaan produksi yang didapatkan dari departemen *Production Planning Control* (PPC) Bulan Januari hingga Mei 2017, permintaan produksi mengalami peningkatan permintaan per harinya. Namun pada Bulan Juni dan Juli 2017 permintaan mengalami *trend* penurunan permintaan produksi. Kebijakan manajemen perusahaan pada Bulan Maret 2017



adalah meningkatkan jumlah produksi sebesar 10% dari Bulan Februari 2017 untuk *brake assembly line 2* bagian produksi 4 demi memenuhi permintaan produksi hingga Bulan Mei 2017.

Karena kebijakan perusahaan untuk meningkatkan produktivitas produksi sehingga pada *brake assembly line 2* bagian produksi 4 dilakukan *kaizen*. *Kaizen* yang akan dilakukan bertujuan untuk meningkatkan jumlah produksi sebesar 10%.

2. Metodologi

Identifikasi awal adalah langkah pertama yang dilakukan dalam tahapan penelitian yaitu melakukan studi lapangan dan melakukan studi pustaka terhadap masalah yang diangkat dalam penelitian. Setelah melakukan identifikasi awal selanjutnya melakukan perumusan masalah yang akan diselesaikan melalui penelitian, menyusun tujuan yang akan dicapai dalam melakukan penelitian, dan menentukan batasan masalah yang digunakan dalam penelitian.

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengidentifikasi data permintaan produksi *line* Bulan Januari hingga Juli 2017 dan mengambil data *cycle time* setiap operator yang bekerja pada *line* sebanyak 10 kali pengambilan menggunakan metode STS (*Stopwatch Time Study*) serta pengambilan detail gerakan menggunakan video selama 4 menit.

Pengolahan data meliputi penghitungan *takt time* Bulan Maret 2017, membuat *Standardized Work Chart Table* (SWCT) operator *brake assembly line 2* sebelum *kaizen*, menghitung total produksi part rem pada *brake assembly line* sebelum *kaizen*, menentukan penyebab masalah yang terjadi menggunakan *fish bone diagram*, mengaplikasikan *kaizen* pada *brake assembly line*, mengukur *cycle time* operator *brake assembly line* setelah *kaizen*, membandingkan *cycle time* operator *brake assembly line* sebelum dan sesudah dilakukan *kaizen*, menghitung total produksi part rem pada *brake assembly line* setelah *kaizen*, membandingkan total produksi part rem pada *brake assembly line* sebelum dan setelah dilakukan *kaizen*. Rumus *takt time* yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$\text{Permintaan produksi/hari} = \left(\frac{\text{Permintaan Produksi/Bulan}}{\text{Jumlah Hari Kerja}} \right) \times 2 \quad (1)$$

$$\text{Takt time produksi} = \frac{\text{Total Waktu Kerja/hari}}{\text{Total Permintaan Produk/hari}} \quad (2)$$

Analisis berisi penjelasan yang terdapat pada pengumpulan dan pengolahan data. Kesimpulan dan saran berisis tentang kesimpulan yang didapat pada penelitian yang telah dilakukan dan saran apa saja yang dapat diberikan kepada perusahaan untuk dapat dilakukan perbaikan kedepannya.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian yang dilakukan bertujuan untuk meningkatkan produktivitas *brake assembly line 2* bagian produksi 4 sejalan dengan kebijakan perusahaan untuk meningkatkan produktivitas *line* pada bulan Maret 2017 sebanyak 10% dibandingkan dengan produksi bulan sebelumnya yaitu Februari 2017 dikarenakan adanya *trend* kenaikan permintaan produksi pada bulan Januari hingga Juli 2017. Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian adalah identifikasi data permintaan produksi Bulan Maret 2017 dan Pengambilan data *cycle time* untuk setiap operator yang bekerja pada *brake assembly line 2* bagian produksi 4 pada awal produksi Bulan Maret 2017. Berikut adalah data yang diperoleh pada proses pengumpulan data :

Tabel 1. Permintaan produk *brake assembly line 2* Bulan Maret 2017

No	Type	POS	Order/Month	Working/Day (day)
1	D 17 ABS	Lh	21736	22



		Rh		
2	D 17 L/ABS	Lh	4906	22
		Rh		

Tabel 2. *Cycle time operator brake assembly line 2 bagian produksi 4*

Operator	Cycle time (detik)										Rata - rata
	Siklus										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	50,0	53,2	54,1	54,0	54,7	55,7	54,2	54,3	55,0	55,0	54,0
2	30,7	26,5	26,0	30,1	26,7	28,2	27,1	25,9	28,1	26,0	27,5
3	26,3	26,2	26,4	27,5	26,9	26,7	26,8	28,0	27,6	27,6	27,0
4	27,9	28,1	28,1	27,7	29,1	28,8	24,2	27,2	27,2	26,5	27,5

Setelah melakukan pengumpulan data yang digunakan untuk penelitian tahap selanjutnya adalah melakukan pengolahan data. Pengolahan data dilakukan dalam beberapa tahap sebagai berikut:

1. Perhitungan *takt time* Bulan Maret 2017

Pada brake assembly line 2 bagian produksi 4 memproduksi part rem dengan tipe D 17 ABS dan D 17 L/ABS. Total waktu produksi yang digunakan perharinya untuk produksi adalah 18 jam dengan rincian 16 jam untuk total waktu 2 shift produksi dan 2 jam untuk waktu *overtime*. Perhitungan *takt time* menggunakan rumus yang sudah dijelaskan pada metodologi didapatkan hasil bahwa *takt time* untuk *brake assembly line 2* bagian produksi 4 pada Bulan Maret 2017 adalah 26,7 detik.

2. Urutan elemen kerja dan waktu standar setiap operator *brake assembly line 2* sebelum *kaizen*

Setelah dilakukan pengambilan waktu setiap operator menggunakan metode STS dan pengambilan video selama 4 menit untuk setiap operator, selanjutnya dilakukan *breakdown* elemen kerja dan waktu pengerjaan setiap elemen kerja lalu dimasukkan dalam *Standardized Work Chart Table* (SWCT). Berikut adalah urutan elemen kerja dan waktu standar setiap operator pada *brake assembly line 2* bagian produksi 4 sebelum Kaizen:



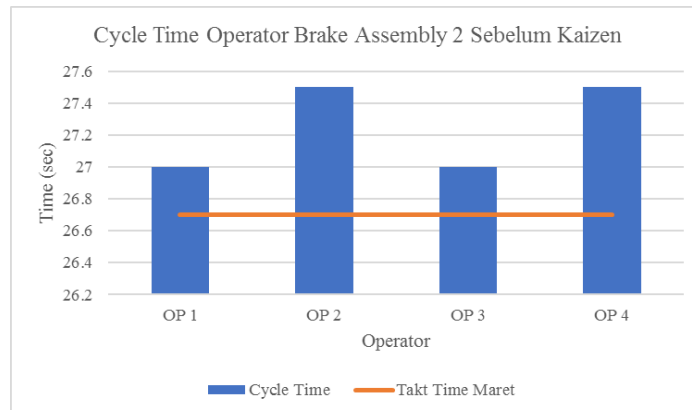
Tabel 3. Urutan kerja dan waktu standar setiap operator sebelum *kaizen*

Operator 1		Operator 2		Operator 3		Operator 4	
Elemen Kerja	Waktu (dtk)	Elemen Kerja	Waktu (dtk)	Elemen Kerja	Waktu (dtk)	Elemen Kerja	Waktu (dtk)
Ambil B/P letakan di meja	1	Ambil W/C letakan pada jig	2	Ambil spring STS instal	4	Instal spring STL Setting adjuster diameter	5
Beri Lot pada B/P	4	Ambil B/P letakan pada jig Mc	2	Ambil auto lever & Adjuster instal	5	Ambil marking SHD lalu marking	4
Apply grease pada lead B/P	6	Switc "ON"	1	Ambil spring shoe to lever letakan pada shoe	1	Beri marking part yang telah ter instal	12
Balik B/P	2	Ambil B/P letakan pada jig Cable	1,5	Ambil pin SHD instal	2	Positioning part & shaking	2
Ambil plug instal pada hole B/P	5	Ambil kabel instal pada B/P	2	Ambil SHD/set instal	5	Letakan brake Assy pada box	4
Beri marking LH/RH pada B/P	4	Ambil bolt instal lalu torque	6	Ambil pin SHD instal	2	Jalan	0.5
Susun B/P taruh pada sisi meja	2	Letakan B/P di conveyor	2	Ambil SHD/set instal	5		
Ambil S/L leading 4 pcs letakan di meja	4	Ambil template lalu geser	2	Ambil dan pasang spring STL	3		
Ambil lever parking LH/RH instal	6	Ambil S/L LH.RH instal	6				
Ambil pin retainer instal	6	Ambil kanban jepit di kabel	2				
Ambil tang jepit pin retainer	10	Jalan	1				
Ambil S/L trailing+leading letakan pada chutter assy	3						
Jalan	1						
53 dtk / 2 pc		27,5 dtk / pc		27 dtk / pc		27,5 dtk / pc	

Dari urutan kerja dan *cycle time* pada *brake assembly line 2* sebelum dilakukan *kaizen* dapat disimpulkan bahwa *cycle time* operator 1 adalah 27 detik, operator 2 adalah 27,5 detik, operator 3 adalah 27 detik, dan operator 4 adalah 27,5 detik. Total *cycle time* proses diambil dari *cycle time* operator yang paling lama. Sehingga *cycle time brake assembly 2* bagian produksi 4 adalah 27,5



detik. Namun *takt time* produksi diketahui adalah 26,7 detik. Berikut adalah grafik *cycle time* setiap operator pada *brake assembly 2* bagian produksi 4:



Gambar 1. Grafik *cycle time* setiap operator produksi *brake assembly line 2* bagian produksi 4

Berikut tabel perbandingan *takt time* produksi dan *cycle time* produksi *brake assembly line 2* bagian produksi 4:

Tabel 4. Perbandingan *cycle time* produksi dan *takt time* produksi *brake assembly line 2* bagian produksi 4

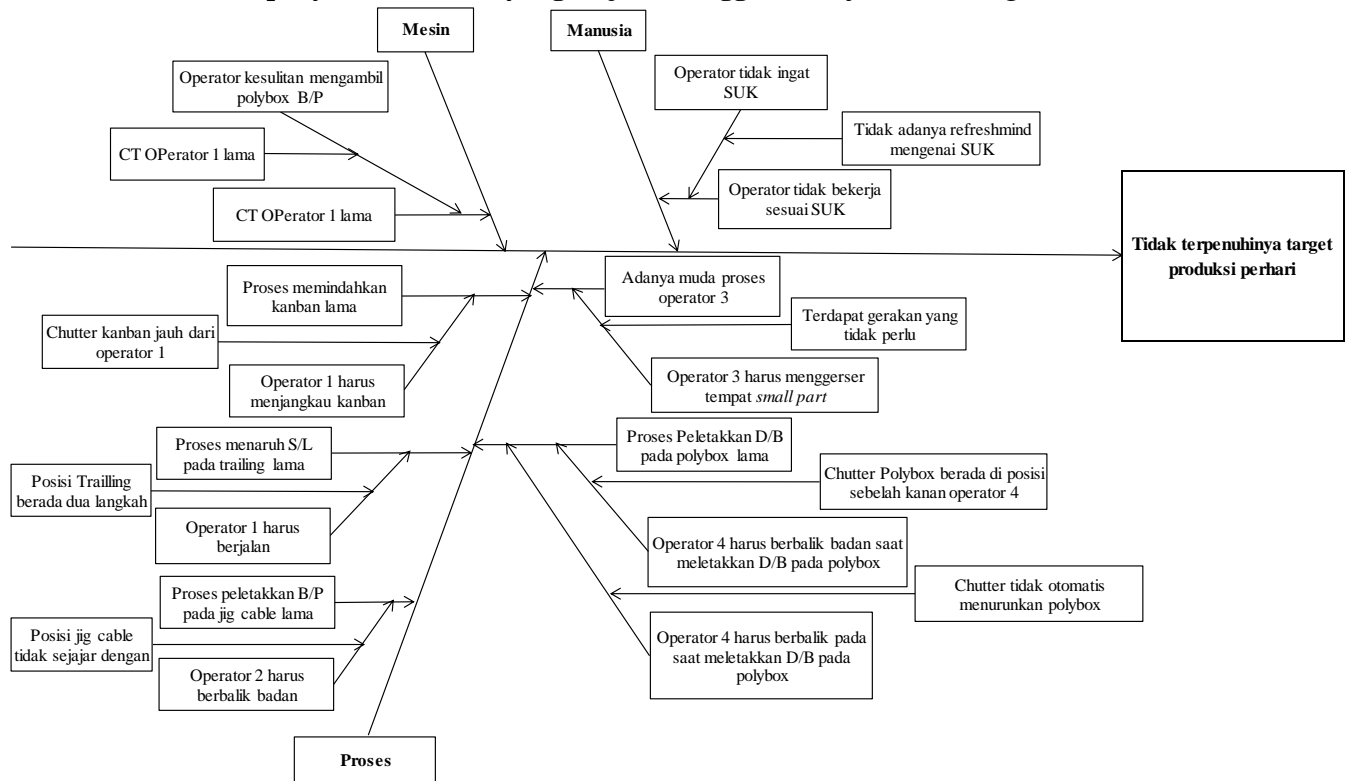
Perbandingan Cycle Time dan Takt Time (detik)	
Cycle Time	27,5
Takt Time	26,7

3. **Total produksi part rem pada *brake assembly line 2* bagian produksi 2 sebelum *kaizen***
Cycle time pada *brake assembly line 2* sebelum *kaizen* adalah 27,5 detik, sehingga setelah dihitung dengan menggunakan efektifitas produksi 95% total produksi adalah 124 *pieces* part rem atau 62 set rem. Berikut perhitungan total produksi *brake assembly line 2* bagian produksi 4:

$$\text{Total Produksi} = \frac{3600}{\text{Cycle Time}} \times 95\% = \frac{3600}{27.5} \times 95\% = 124 \text{ pieces} = 62 \text{ set}$$



4. Menentukan penyebab masalah yang terjadi menggunakan *fish bone diagram*



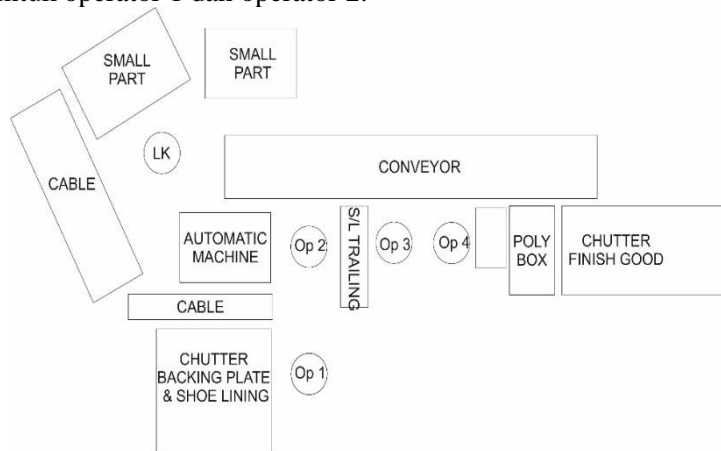
Gambar 2. *Fish bone diagram* penyebab masalah

5. *Kaizen* pada *brake assembly line 2*

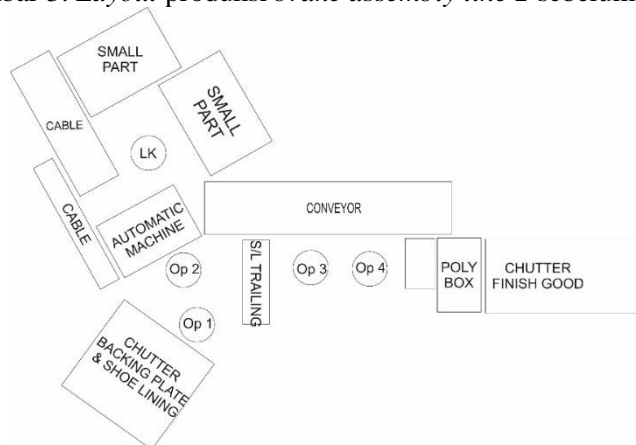
Setelah diketahui akar penyebab masalah yang terjadi pada *brake assembly line 2* bagian produksi 4 kemudian dilakukan *kaizen* untuk perbaikan produksi dan pencapaian target yang diminta oleh perusahaan. Terdapat empat *kaizen* yang diaplikasikan pada *brake assembly line 2* bagian produksi 4. *Kaizen* yang dilakukan pada *brake assembly line 2* bagian produksi 4 adalah sebagai berikut :

a. Perbaikan layout area kerja operator 1 dan operator 2

Kaizen pertama yang diaplikasikan pada proses produksi adalah mengubah tata layout produksi untuk operator 1 dan operator 2.



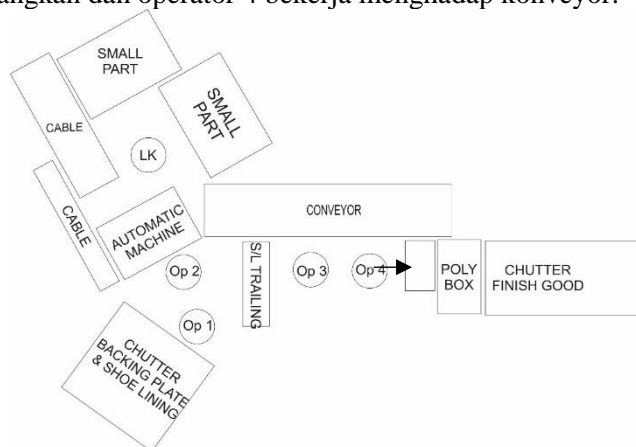
Gambar 3. Layout produksi brake assembly line 2 sebelum kaizen



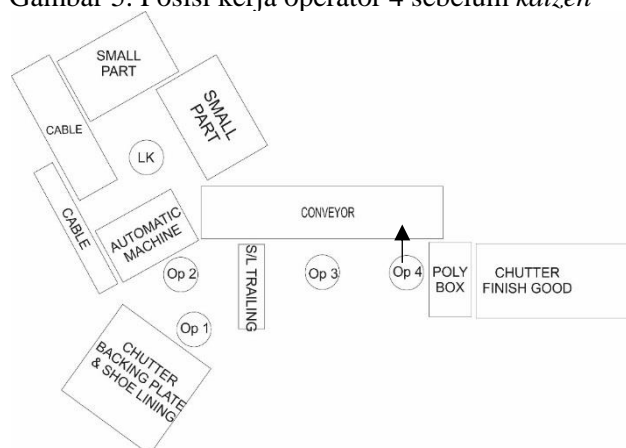
Gambar 4. Layout produksi brake line assembly 2 setelah kaizen

b. Mengubah posisi operator 4

Kaizen selanjutnya adalah mengubah posisi kerja pada operator 4. Sebelum *kaizen* terdapat meja di samping konveyor dan operator 4 bekerja menghadap meja. Sedangkan setelah *kaizen* meja kerja dihilangkan dan operator 4 bekerja menghadap konveyor.



Gambar 5. Posisi kerja operator 4 sebelum kaizen



Gambar 6. Posisi kerja operator 4 setelah kaizen



c. **Memberikan sistem *karakuri* pada *polybox* operator 1 dan operator 4**

Sistem *karakuri* adalah alat yang memanfaatkan gravitasi bumi sehingga tenaga manusia yang terbuang sedikit. Pada operator 1 dan operator 4 sebelum dilakukan *kaizen* untuk memindahkan *polybox baking plate* kosong dengan *baking plate supply*, operator 1 dan operator 4 harus mengangkat *polybox* sehingga tenaga operator terbuang. Setelah dilakukan *kaizen* terdapat sistem *karakuri* yang memudahkan operator 1 dan operator 4 sehingga tenaga yang dikeluarkan sedikit.

d. **Memberikan ejektor otomatis untuk template kosong**

Pada operator 3 terdapat gerakan ejektor template kosong *detailed part* dengan cara manual. Hal tersebut dapat dikatakan sebagai muda gerak operator sehingga dilakukan *kaizen* pemberian ejektor otomatis bagi template kosong.

6. **Cycle time operator brake assembly line 2 setelah *kaizen***

Setelah diadakan *kaizen* pada *brake assembly line 2* dilakukan pengukuran *cycle time* kembali untuk setiap operator. *Cycle time* diambil menggunakan metode STS dan di *brake down* kembali setiap elemen pekerjaan menggunakan SWCT (*Standardized Work Combination Table*). Data *cycle time* setiap operator setelah dilakukan *kaizen* adalah sebagai berikut :

Tabel 5. *Cycle time* setiap operator produksi *brake assembly line 2* bagian produksi 4 setelah *kaizen*

Operator	Cycle time (detik)										
	Siklus										Rata - rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	50,7	51,2	51,2	49,2	50,4	50,1	50,1	49,3	49,3	50,0	50,2
2	24,1	24,8	24,7	23,7	24,1	24,8	25,6	24,5	24,5	24,6	24,5
3	23,5	22,5	23,5	23,3	22,5	23,5	23,2	22,3	22,9	23,4	23,1
4	25,8	25,7	24,3	23,1	23,0	26,6	26,0	25,0	25,3	25,2	25,0

Berikut adalah *break down* setiap elemen pekerjaan dan waktu yang dibutuhkan operator setelah dilakukan *kaizen*:

Tabel 6. Urutan kerja dan waktu standar setiap operator setelah *kaizen*

Operator 1		Operator 2		Operator 3		Operator 4	
Elemen Kerja	Waktu (dtk)	Elemen Kerja	Waktu (dtk)	Elemen Kerja	Waktu (dtk)	Elemen Kerja	Waktu (dtk)
Ambil B/P letakkan di meja	1	Ambil B/P letakkan pada jig cable	1	Ambil spring STS insta	3	Setting diameter asjuter	6,5
Beri Lot pada B/P	3	Ambil W/C letakkan pada jig	1	Ambil auto lever & Adjuster instal	4,5	Ambil marking SHD lalu marking	3



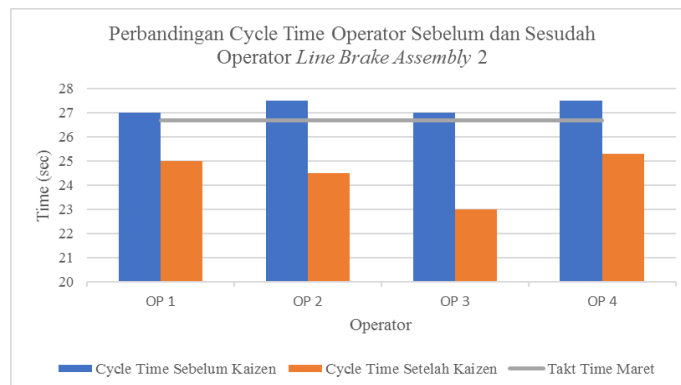
SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS GADJAH MADA 2017

Yogyakarta, 08 November 2017

Apply grease pada lead B/P	7	Ambil B/P letakkan pad jig Mc	1	Ambil spring shoe to lever letakan pada shoe	1	Beri marking part yang telah ter instal	9,5
Balik B/P	1	Switch "ON"	0,5	Ambil pin SHD instal	1,5	Positioning part & shaking	2,5
Ambil plug instal pada hole B/P	6	Ambil kabel instal pada B/P	2	Ambil SHD/set instal	4,5	Letakan brake Assy pada box	3,5
Beri marking LH/RH pada B/P	6	Ambil bolt instal lalu torque	7	Ambil pin SHD instal	2		
Susun B/P taruh pada sisi meja	1	Letakan B/P di conveyor	1,5	Ambil SHD/set instal	3		
Ambil S/L leading 2 pcs letakan di meja	3	Ambil template lalu geser	1,5	Ambil dan pasang spring STL	1,5		
Ambil lever parking LH/RH instal	4	Ambil S/L LH.RH install	5	Instal spring STL	2		
Ambil pin retainer instal	5	Ambil kanban jepit di kabel	4				
Ambil tang jepit pin retainer	8,5						
Ambil S/L trailing+leading letakan pada chutter assy	4						
Jalan	0,5						
50 dtk / 2 pc		24,5 dtk / pc		23 dtk / pc		25 dtk / pc	



7. Perbandingan cycle time operator brake assembly line 2 sebelum kaizen dengan sesudah dilakukan kaizen



Gambar 7. Grafik perbandingan cycle time setiap operator brake assembly line 2 bagian produksi 4 sebelum dan setelah kaizen

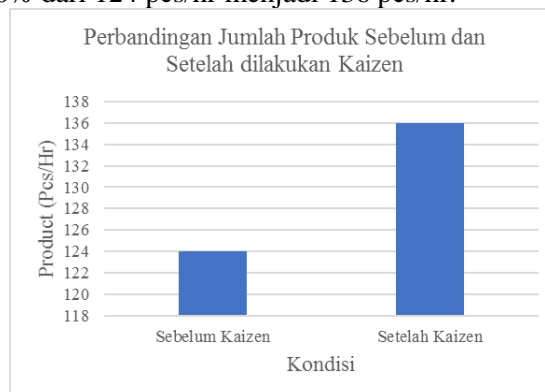
8. Total produksi part rem pada brake assembly line 2 setelah kaizen

Cycle time pada brake assembly line 2 setelah kaizen adalah 25 detik, sehingga setelah dihitung dengan menggunakan efektifitas produksi 95% total produksi adalah 136 pieces part rem atau 68 set rem. Berikut perhitungan total produksi brake assembly line 2 bagian produksi 4:

$$\text{Total Produksi} = \frac{3600}{\text{Cycle Time}} \times 95\% = \frac{3600}{25} \times 95\% = 136.8 \text{ pieces} = 68 \text{ set}$$

9. Perbandingan total produksi part rem pada brake assembly line 2 bagian produksi 4 sebelum dan setelah dilakukan kaizen

Setelah dilakukan kaizen jumlah produksi line bake assembly 2 bagian produksi 4 meningkat sebesar 10% dari 124 pcs/hr menjadi 136 pcs/hr.



Gambar 8. Grafik perbandingan jumlah produk brake assembly line 2 bagian produksi 4 sebelum dan setelah kaizen

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penyebab dilakukan kaizen pada brake assembly line 2 seperti pada fish bone yaitu proses produksi, mesin dan manusia (operator) pada brake assembly line 2.



2. Terdapat 4 *kaizen* yang dilakukan untuk menaikkan total produksi. *Kaizen* yang dilakukan adalah memperbaiki layout area kerja operator 1 dan operator 2, mengubah posisi kerja operator 4, memberikan sistem *karakuri* pada *polybox* operator 1 dan operator 4, dan memberikan ejektor otomatis untuk template kosong.
3. Total produksi yang dihasilkan oleh *brake assembly line 2* meningkat sebanyak 10% sesuai dengan kebijakan perusahaan yaitu dari 62 set rem atau 124 *pieces* menjadi 68 set rem atau 136 *pieces*.

Saran yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dilakukan monitoring secara berkala mengenai *kaizen* yang telah dilakukan apakah dapat terus diimplementasikan atau diganti.
2. Perusahaan dapat melakukan *freshmind* secara berkala tentang Standar Ukuran Kerja (SUK) kepada setiap operator agar pekerjaan yang dilakukan sesuai dengan SUK.

Daftar Pustaka

- Admin, 2013, Assembly Line, akses online 16 Mei 2017, URL: <https://sukasayurasem.wordpress.com/2013/06/28/assembly-line/>.
- Bhoi, J., Desai, D., and Patcl, P., 2014, The Concept & Methodology of Kaizen. *Journal IJEDR*, Vol. 2 pp. 812-820.
- Bayu, 2016, Faktor Produksi Tenaga Kerja dan Contohnya, akses online 16 Mei 2017, URL: <http://dosenekonomi.com/ilmu-ekonomi/sdm/faktor-produksi-tenaga-kerja>.
- Kumbhar, S., Niranjana, N., Satpute, S., 2004. Assembly Line Production Improvement by Optimization of Cycle Time. *Proceedings IRF*, pp. 124-128.
- Liker, David Meier. 2006. *The Toyota Way Fieldbook*. Copyright 2006., The McGraw-Hill Companies, Inc, USA.
- Paramita, P., 2017, Penerapan Kaizen Dalam Perusahaan. akses online 19 Maret 2017, URL: http://www.academia.edu/10757217/PENERAPAN_KAIZEN_DALAM_PERUSAHAAN/



A System Analysis and Design to Improve Green Productivity Index of Leather Tanning Industry through Environmental Management

Febriani Purba, Taufik Djatna, Ono Suparno, Ani Suryani

Department of Agroindustrial Technology, Faculty of Agricultural Engineering and
Technology, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680
Telp. +622518621210
E-mail: febrianipurba@gmail.com

Intisari

Green Productivity Index dapat ditingkatkan dengan menurunkan dampak negatif terhadap lingkungan. Feature selection dengan algoritma Relief-F telah digunakan untuk memilih faktor yang paling berpengaruh terhadap kinerja lingkungan. Algoritma Association Data Rule digunakan untuk menemukan hubungan diantara faktor-faktor tersebut. Model dibangun menggunakan UML dan Business Process Model Notation (BPMN v2.0). Faktor yang paling berpengaruh adalah limbah padat, emisi gas buang, dan transportasi. Jika sampah padat berada pada batas normal maka faktor lainnya akan mengikuti hal yang sama. Dengan demikian Industri kecil dan menengah sebaiknya fokus pada pengelolaan limbah padat.

Kata Kunci: Analisis sistem dan desain, industri kulit samak, Green Productivity Index, Relief-F, Association Rule Mining.

Abstract

Green Productivity Index can be improved by reducing the environmental impact. Feature selection using Relief-F has been used to select the most impactful factor to the environmental performance. Association Rule Mining was used to find the relation between these factors. A Model was built using UML and Business Process Model Notation (BPMN v2.0). The most influential factor are solid waste, gas emission, and transportation. If solid waste is normal then the other factor will follow the same. Thus Small medium enterprises should focus on managing the solid waste.

Keyword: System analysis and design, leather tanning industry, green productivity index, ReliefF, Association rule mining.

1. Introduction

The development of leather tanning industry in Indonesia showed a positive trend. Statistics Indonesia (Badan Pusat Statistik/BPS) showed that the average of annual production growth of leather tanning, leather goods and footwear for large and medium scale industry is 6.6% and about 7.7% for the micro and small industry during period of 2010-2017. Establishment of the ASEAN Free Trade Area (AFTA) since 2015, increases competition in the global market. In the global market, as there is increasing in global consumer awareness on environmental. This phenomenon has been insisting pressuring manufacturers and service providers to be more responsible



regarding the impact of their processes on the environment. The winner of this competition is a company with a higher competitive advantage. The competitiveness of companies is influenced by many factors such as the productivity in the manufacturing process. In the last decade production system focused on a low-cost product but the current era required the production system to be more environmentally friendly, use materials that can be recycled and so on.

According to the Indonesian Tannery Association, approximately 75% of the leather industry firms are small and medium enterprises (SMEs). These SMEs have limitations which hinder their waste management environmental protection efforts. Previous studies (e.g., Hobbs, 2000) have found that SMEs tend to be more harmful to the environment compared to larger corporations due to their poor production techniques. Other studies (e.g., Kanagaraj et al., 2006) have found that leather tanning SMEs in developing countries face significant waste disposal problems with many being closed for not meeting the required standards. This situation is similar in Indonesia, where there is a lower level of adoption of leather tanning green practices (“Badan Lingkungan Hidup” (BLH). To be able to compete in this globalization era SMEs is required to be efficient while remaining environmentally friendly. Green Productivity is one of the strategies to achieve this goal.

The Asian Productivity Organization (APO) defines Green Productivity (GP) as a strategy for enhancing productivity and environmental performance for socioeconomic development (APO, 2002). The APO proposed a concept that involves a customer focus (on quality) in achieving the balance between profitability and environmental performance. GP is the application of appropriate productivity and environmental management tools, techniques, and technologies to reduce the environmental impact of an organization’s activities. GP benefits include increased product quality, reduced scrap, reduced pollution, and reduced risks for the enterprise (Logaa & Zailani, 2013). Other benefits include cost savings in raw material purchases (Singgih et al. 2010) and higher yields without compromising the environment (Sittichinnawong & Peerapattana 2012).

In general, SMEs are focused on generating profits to keep their businesses running. They are preoccupied with reducing resource use and waste in order to achieve short-term goals; however, this is not a priority if they do not gain associated benefits (Esty & Winston, 2009). Wilson et al. (2012) found, for example, that UK SMEs see environmental innovation as a financial burden, and that they do not recognize the contributions toward the performance of environmental best practice. Thus, poor environmental practices exist because SMEs tend to focus on day-to-day activities (Studer et al. 2008) with their resources restricted to issues related to their business’ core (Biondi et al. 2000) rather than on green practices. Therefore, SMEs tend to be more reactive in tackling environmental problems. It is the larger companies that tend to be more proactive (e.g., Bianchi & Noci, 1998; Hobbs, 2000). SME reactive strategies focus more on compliance than sustainability (Hobbs, 2000); they are not willing to contribute voluntarily. However, SME noncompliance is acknowledged and considered serious only if there is a threat of prosecution (Wilson et al. 2012).

Green Productivity Index (GPI) is a measure used in Green Productivity for the evaluation of the productivity of an industry. GPI is defined as the ratio of the productivity of the system against environmental impact (Hur et al, 2004). Green Value Stream (GVS) is an approach which can be used to minimize the environmental impact which could lead to the improvement of the GPI. GVS focuses on environmental impacts associated with the value stream activities. A GVS



process seeks to eliminate the seven green wastes and establish a procedure for eliminating those wastes. These seven green wastes are energy, water, material, garbage (process waste), transportation, emission, and biodiversity (Wills, 2009).

For SMEs, it is not easy to control and handle the seven sources of this waste. Therefore, it is needed to determine which factors give the most influence on the environmental impact so that an environmental management strategy can be compiled. This strategy is expected to improve Green Productivity Index of SMEs leather tanning industry. In order to achieve this improvement, there is a need to design and modelling the business proses first.

The business processes describe the activities involved in the business and how they relate to and interact with the necessary resources to achieve a goal for the organization. Some specific goals of business process modelling are (Beck at al., 2005; Erickson and Penker, 2000): to ease the understanding of the key mechanisms of an existing business, to serve as a basis for the creation of appropriate information systems to support the business, to improve the current business structure and operation, to show the structure of an innovated business, to identify outsourcing opportunities, and to facilitate the alignment of business specifications with the technical framework that IT development needs. Business Process Modeling Notation (BPMN v2.0) is used for the process modelling of this paper.

This paper is organized as follow: Section 1 will describe the importance of this research and specified objectives of modelling construction. Section 2 will describe the method and describe how the system was developed. Section 3 will discuss the results and in section 4 is the conclusion. The focus of this work is to improve Green Productivity Index of SMEs leather tannery in Indonesia through environmental management. To aim this, there are two goals that must be achieved. They are as follows: (1) Identifying third most significant factor from the seven Waste; and (2) Finding the relationship between the third most significant waste and environmental management cost.

2. Methodology

System development method is based on Unified Modeling Language (UML) and Business Process which consists of three phases namely problem identification, system analysis, and system design. Furthermore, continued with the verification and validation of the system. Flowchart for the research presented in Figure 1.



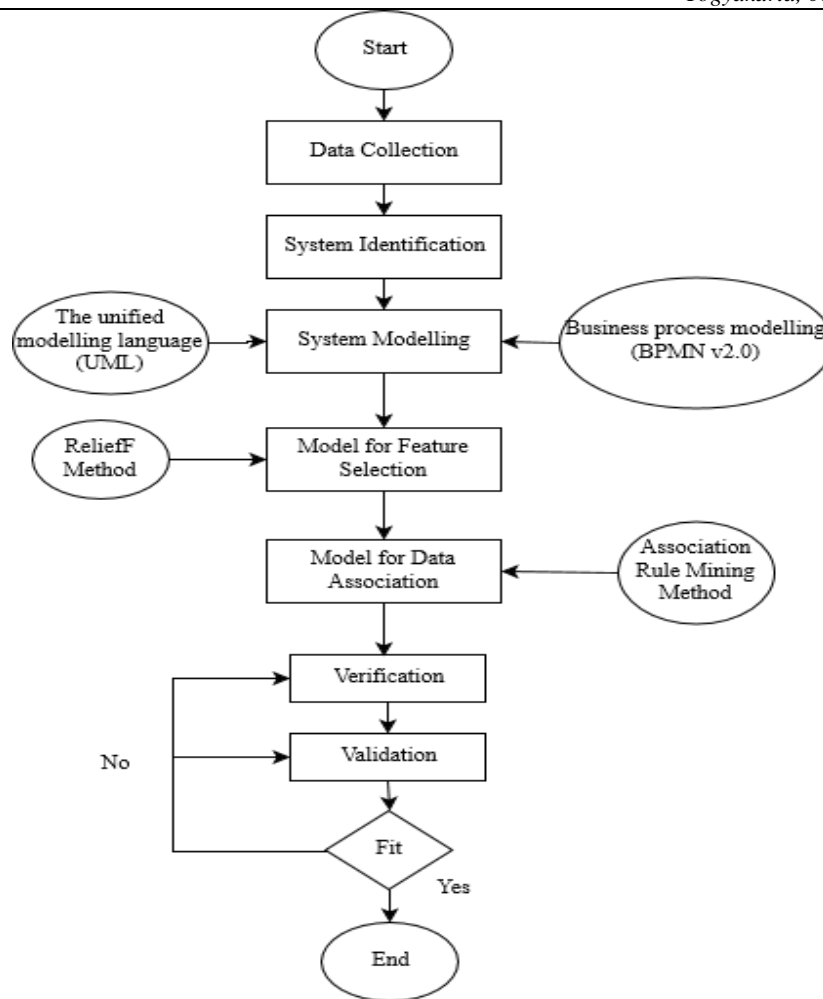


Figure 1 Research flow chart

2.1. Requirement analysis

Requirement analysis was conducted to determine the purpose of the system and the expected output of the system. In this stage input, stakeholders, resources, threats, role, mission, objectives, output, and control for each process in the business are described in general.

2.2. The Unified Modelling Language (UML)

Standard diagrams of UML which relevant to this study were used. They are a use case diagram and sequence diagram. The use case diagram was used to analyze the functional requirement of the system. This use case diagram represents the main actors and use-cases together with their relationships in the system (Rhem, 2006). In this study shows generally the group of actors and use cases to make it simply understood as an initial model. A sequence diagram visualizes the different processes or objects that live simultaneously and the messages exchanged between those objects. The Sequence diagram is designed based on use case diagram.

2.3. Business Process Modelling (BPMN)

Business Process Model and Notations v2.0 (RS Aguilar-Saven, 2003) is one of the standardized graphical notation for modelling the whole view in a business process. BPMN



consists of a diagram, called as the Business Process Diagram (BPD). Business process diagram describes a system at the highest level. Business process diagram facilitates the graphical display from the control of the data flow among processes at each level of building a system. Business process diagram is also used to analyze the flow process that will be developed.

2.4. Relief algorithms

Relief (Reliable Elimination of Features) algorithm is an effective, simple, and widely used approach for feature weight estimation (Durgabai, 2014). The original relief can deal with nominal and numerical attributes. However, it cannot deal with incomplete data and is limited to two-class problems. Its extension, solve this and other problems, is called ReliefF. The ReliefF (Relief-F) algorithm (Kononenko, 1994) is not limited to two-class problems only, more robust and can deal with incomplete and noisy data. In this study Relief-F algorithm is used to find the third most impactful item from the seven waste to the cost of environmental management. Relief-F algorithm is shown in Figure 2 (a).

2.5. Association rules mining

Association rules are an important class of methods of finding patterns in data. Mining association rules technique extract interesting relationships among a set of items in a large amount of data (Alagukumar and Lawrance, 2015). Mining confident association rule is performed in two steps: First, generate all frequent n-itemsets. Second, using all frequent n-itemsets, generate all strong/confident association rules $X \rightarrow Y$, where X and Y are frequent n-itemsets. In this study, Arm algorithm is used to find the relationship between the third most significant waste and cost of environmental management. ARM algorithm is shown in Figure 2 (b).

2.6. Data acquisition

The first objective is achieved by using the Relief-F algorithm. Data used in this formulation were derived from previous studies data (Mardliyan, 2014) while some were generated from the random number in excel and adjusted in the range given in former researchers' result. Data are presented in Table 1. Stages of work are: normalizing data, calculating the minimum and maximum values of each variable, calculating the weight of each variable, and the last ranking the variables. Success indicator of this formulation is the obtained of 3 factors that has the highest ranking and weighting to affect the cost of environmental management.



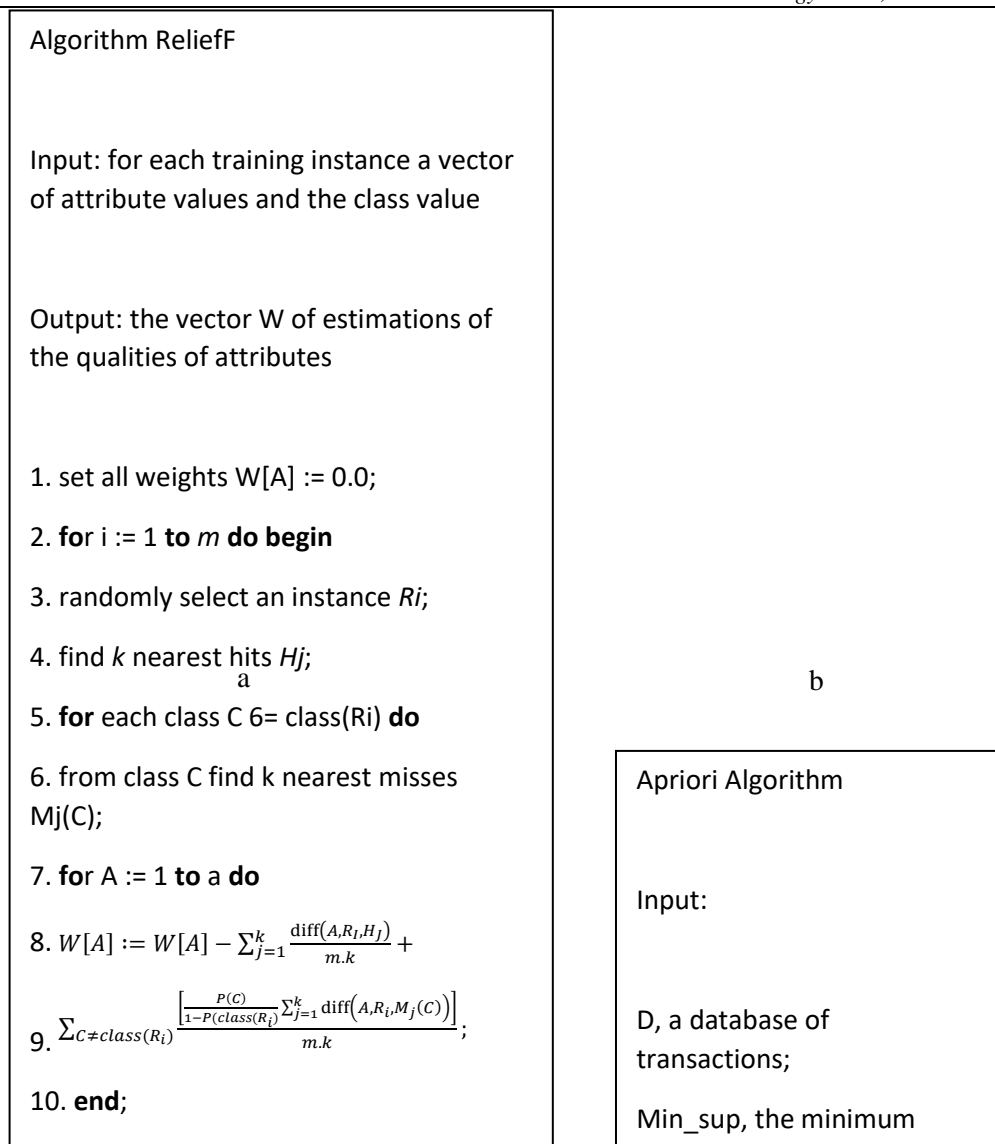


Figure 2 Pseudo code ReliefF algorithm (Marko and Igor, 2003)(a); Code of apriori algorithm (b)

Table 1 Data input

No	Month	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
		Total energy	Solid waste (kg)	Liquid waste (l)	Water consumption (l)	Gas emissions (kg CO ₂)	Material (kg)	Transportation (km)



		(kWh)						
1	January	13022	919	50072	9187	4.00	13308	4.00
2	February	12891	990	49113	45667	3.70	15197	3.70
3	March	10466	1034	56046	10313	3.60	15871	3.60
4	April	11593	1028	49170	25207	3.90	14394	3.90
5	Mei	10729	1046	55354	16086	4.10	14693	4.10
6	June	11574	939	57371	33333	3.50	14020	3.50
7	July	12768	942	52131	42086	3.90	14715	3.90
8	August	13829	1060	59711	12811	3.56	14916	3.56
9	Septembe r	11301	1010	55147	35588	4.00	14394	4.00
10	October	10678	1002	55473	19992	3.74	15476	3.74
11	Novembe r	13576	979	54114	6710	3.78	15916	3.78
12	Decembe r	11656	1011	54856	21624	3.97	15306	3.97

The second objective is achieved using the ARM. Data used in this formulation is the output of the first objective. Stages of work are: calculating the value conjunctive and disjunctive from each combination, calculating the value of the support of each combination of item sets, calculating the value of confidence by using the value of support and conjunctive of each item-set, calculating the value of a lift from the data support of each item combination, calculating the value of multiplication between each the support and the confidence, determining the top ten rules, and the last formulating the association rules. Indicator for this process is the association rules.

3. Result and Discussion

3.1. System definition

System improvement of Green Productivity Index in leather tanning industry through environmental management is a set of elements that are operated in an integrated manner with the input of seven waste generator. Input is processed using Relief-F Algorithm to obtain the third most influential factor in the environmental management cost, and then using Association Rule Mining to find the relationship between the third most influential factors and environmental management cost. The output can be used as the basis for making environmental management strategies that hopefully can improve the Green Productivity Index. Waste management division, production division, also research and development division are the stakeholders for this system.



3.2. Feature selection

Selection of the most influential factors on the cost of environmental management using Relief-F algorithm is calculated using software Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA) v3.8.0 University of Waikato, 2016). Prior to Relief-F calculation process completes, business process analysis has to be done which presented in BPMN diagrams using Sybase PowerDesigner v16.0 software (SAP, 2011). Relief-F results are presented in Figure 3. BPMN diagram designed in this system has three swim-lane, this swim-lane made based on stakeholders' role in the system. There are three stakeholders, namely waste management division, production division, and research development division. There were two critical tasks in the waste management division swim-lane.

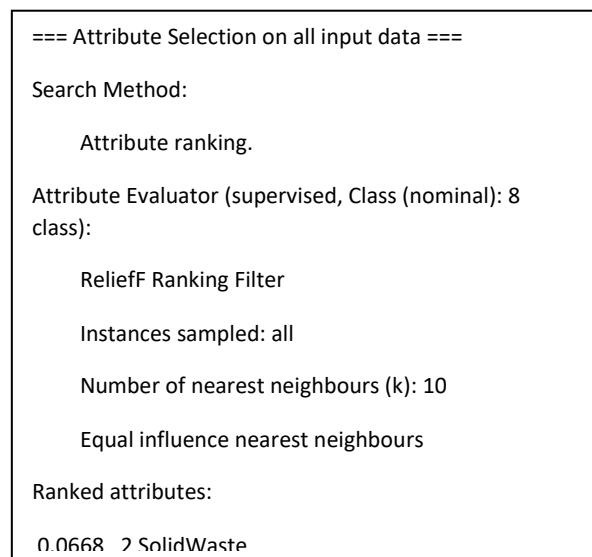


Figure 3 Relief-F result from WEKA v3.8.0

The first critical task is determining variables that have the most influence on environment management cost. In Figure 4, there is a process called determining the most influential factor on GPI. A start as the starting point of the flow decomposes the processes (Alan et al., 2001). In this process, Relief-F formulation is used. Based on Relief-F analysis result, ranks of variables' importance could be achieved. In sequence, from the most important to the less important shown by each score. The third most crucial variables were chosen as determining variable in this model, they are solid waste, transportation, and gas emission.

3.3. Association Rule

Association rule is the second critical task that defines how to find association and relationship between the third most influential factor, from the first critical task, and environmental management cost. It is shown in Figure 5. In this process, ARM formulation is used. ARM result is shown in Table 2. Association rule mining is one of the most important and well-researched techniques of data mining, was first introduced in (Agrawal et al., 1993). It aims to extract interesting correlations, frequent patterns, associations or causal structures among sets of items in the transaction databases or other data repositories. Association analysis algorithms



have the potential to generate a large number of patterns. It is therefore important to establish a set of well-accepted criteria for evaluating the quality association. In this study, support is used as objective interestingness measure for the purpose.

Table 2 Association rules of the model

Association Rule	Confidence (%)
Transportation normal ==> Gas Emission normal	100
Solid Waste normal ==> Transportation normal	100
Solid Waste normal ==> Gas Emission normal	100
Environment Management Cost normal ==> Solid Waste normal	100
Solid Waste normal ==> Environment Management Cost normal	100
Environment Management Cost normal ==> Transportation normal	100
Environment Management Cost normal ==> Gas Emission normal	100
Solid Waste normal, Gas Emission normal ==> Transportation normal	100
Solid Waste normal Transportation normal ==> Gas Emission normal	100
Solid Waste normal ==> Transportation normal, Gas Emission normal	100

The *Apriori* algorithm is applied to the data with minimum confidence 100%. The first rules said if the transportation is normal then the gas emission is normal. This rule is interesting because the gas emission is calculated from the emission of the processing machine and waste only. From the rules can be seen that if one factor in antecedent is normal then the other factor in consequent is normal, and also from the 10 rules, 6 rules with solid waste normal as antecedent resulting another factor as normal in consequent. From can be concluded if solid waste can be kept in normal even lower amount then the factor will follow the same.

3.4. Verification and validation

As defined by IEEE, verification as “the process of evaluating a system or component to determine whether the products of a given development phase satisfy the conditions imposed at the start of that phase”. IEEE also defines validation is “the process of evaluating a system or component during or at the end of the development process to determine whether it satisfies specified requirements”. In this work, verification was done using software Sybase Power Designer for the use case diagram, PHD, BPD and BPMN. Verification should show zero error and zero warning results.

Validation for feature selection was done by comparing the result with previous research. From this work, it was known that solid waste is one of the most impactful factors in tannery process. Research by Kumaraguru et al. (1998), Cabeza et al. (1998), Singgih and Afida (2008) and Mardliyan (2014) showed the same too.



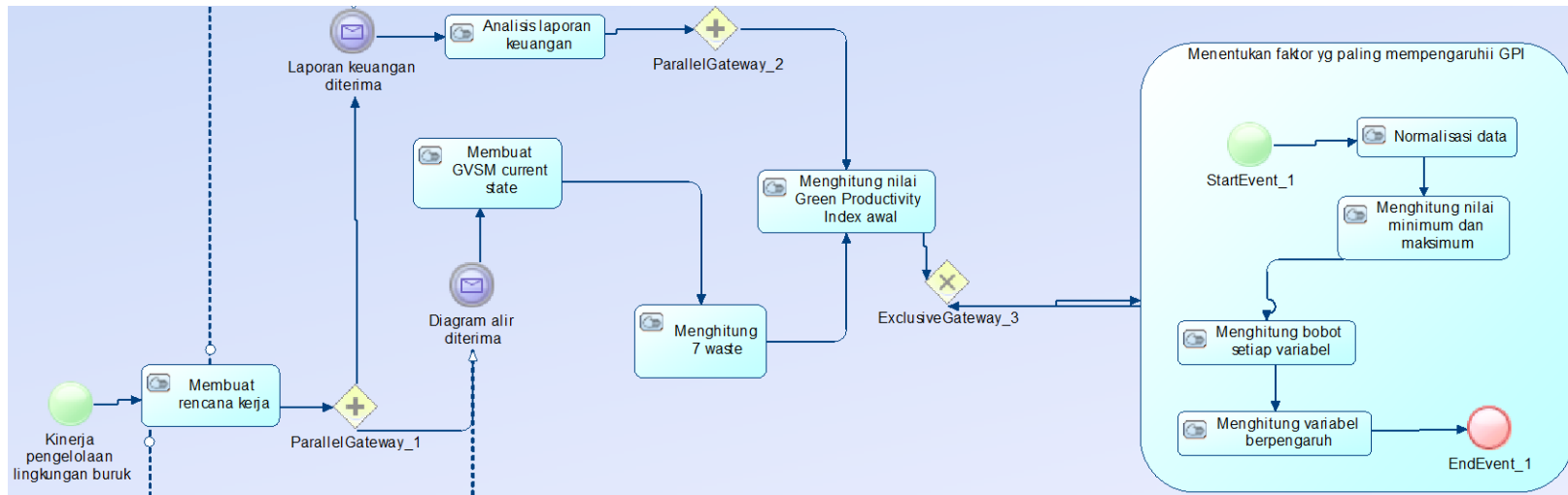


Figure 4 The first critical task in BPMN



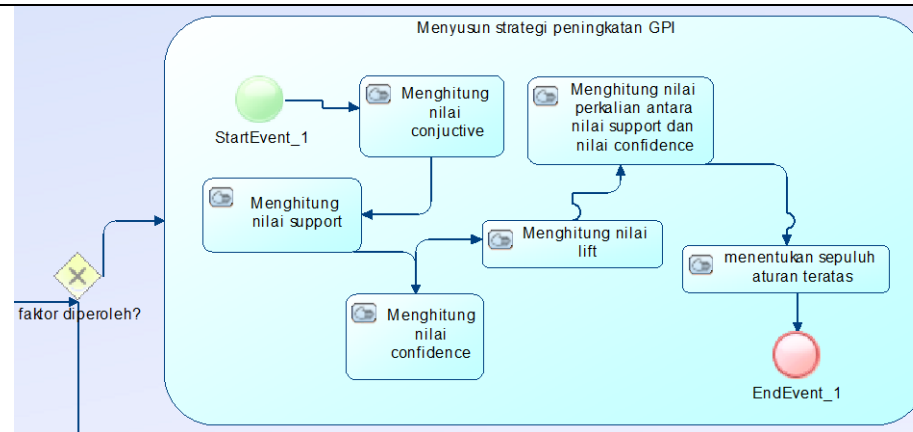


Figure 5 The second critical task in



4. Conclusion

The results showed that there were only three wastes out of seven wastes which gave the highest impact on the environment value. They are solid waste, gas emission and transportation. From the Association Rule Mining, it is indicated that if solid waste kept in normal amount then the other factor will follow. This information will be helpful for the SMEs, which have limited budget for the environmental management, in making environmental management strategy.

This model gives a relatively cheap technique for SMEs leather tannery to make a strategy to improve their Green Productivity Index. Using this model SMEs only need to focus on three factor from the seven-factor that influence the environment value in GPI. But these results had a limitation since the data used in this work was from secondary source and assumption, the model may not represent the real condition. To tackle this limitation in the future work, primary data observed on the production floor will be used.

Reference

- Agrawal, R., Imielinski, T., Swami, A., 1993, Mining Association Rules Between Sets of Items in Large Databases, *International Conference on Management of Data*. Washington, DC, USA: ACM Press, pp.207–216.
- Alagukumar, S., Lawrance, R., 2015, A selective Analysis of Microarray Data using Association Rule Mining. [Internet].
- Alan, K., David, R., Webber, David, R., 2001, *ebXML: The New Global Standard for Doing Business on the Internet*, New Riders Publishing.
- [APO] Asian Productivity Organization, 2006, *Handbook on Green Productivity*. Tokyo: Asian Productivity Organization.
- Bahara, R., Marimin, Arkeman, Y., 2015, Perbaikan Produktivitas Hijau pada Proses Produksi Susu Bubuk Dewasa. *J. Aplikasi Bisnis dan Manajemen*. Vol. 1 No. 2.
- Beck, K., Joseph, J., Goldszmidt, G., 2005, *Learn Business Process Modeling Basics for the Analyst*, IBM.
- Bianchi, R., Noci, G., 1998, "Greening" SMEs' Competitiveness, *Small Business Economics*, vol. 11, no. 3, pp. 269-281.
- Cabeza, L.F., Mcaloon, A.J., Yee, W.C., 1998, Process Simulation and Cost Estimation of Treatment of Chromium-Containing Leather Waste, *J. Am. Leather Chem. Assoc.* 93(12) 2990-3135.
- Erickson, H.E., Penker, M., 2000, *Business Modeling with UML-Business Patterns at Work*, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Hardcover, 416 pages, ISBN 0471295515.
- Esty, D., Winston, A., 2009, *Green to Gold: How Smart Companies Use Environmental Strategy to Innovate, Create Value, and Build Competitive*, John Wiley & Sons.



- Genilloud, G., Frank, WF., 2005, Use Case Concepts Using a Clear, Consistent, Concise Ontology, *J. Object Technol.*, 4, 95–107.
- Hur, T., Kim, I., Yamamoto, R., 2004, Measurement of Green Productivity and Its Improvement, *Journal of Cleaner Production*. Vol. 12 No. 7, pp. 673-83.
- Hobbs, J., 2000, Promoting cleaner production in small and medium-sized enterprises. Small and Medium-sized Enterprises and the Environment, *Business Imperatives*, vol. 148, Greenleaf Publishing in association with GSE Research, pp. 148-157.
- Jacobson, I., 2004, Use Cases—yesterday, today, and tomorrow, *Software Syst. Model.*, 3, 210–220.
- Kanagaraj, J., Velappan, K., Chandra, Babu, N., Sadulla, S., 2006, Solid Wastes Generation in the Leather Industry and Its Utilization for Cleaner Environment-A Review, *Journal of scientific and industrial research*. vol. 65, no. 7, pp. 541-548.
- Kumaraguru, S., Sastry, TP., Rose, C., 1998, Hydrolysis of Tannery Fleshing using Pancreatic Enzymes: a Biotechnological Tool for Solid Waste Management, *J. Am. Leather Chem. Assoc.* 93(2) 32-39.
- Mardliyan, MA., 2014, *Tugas akhir: Identifikasi Potensi Penerapan Green Supply Chain Industry Kulit Samak*, Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Marko, RS., 2003, Theoretical and Empirical Analysis of ReliefF and RreliefF, *Machine Learning Journal*. 53: 23-69.
- Logan, S., Zailani, S., 2013, Motives in implementing Green Productivity among EMS 14001 Certified Companies in Malaysia, *African Journal of Business Management*. vol. 7, no. 38, pp. 3914-3922.
- Ruth Sara Aguilar Saven, 2002, Business Process Modelling: Review and Framework, *Int. J. Production Economics*. 90 129-149.
- SAP SE. 2012. PowerDesigner 16.0. Germany
- Singgih, ML., Suef, M., Putra, CA., 2010, Waste Reduction with Green Productivity Approach for Increasing Productivity (Case Study: PT Indopherin Jaya). The 11th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, The 14th Asia Pacific Regional Meeting of International Foundation for Production Research.
- Singgih, ML., Afida, N., 2008, Peningkatan Produktivitas Melalui Usaha Waste Reduction dengan Pendekatan Green Productivity (Studi Kasus: PT Ecco Tannery Indonesia). [Internet].
- Sittichinnawong, A., Peerapattana, P., 2012, Green Productivity Index of Cayenne Pepper Production (Case Study in Nongkhai Province). [Internet].



- Studer, S., Tsang, S., Welford, R., Hills, P., 2008. SMEs and Voluntary Environmental Initiatives: a Study of Stakeholders Perspectives in Hong Kong. *Journal of environmental planning and management*. vol. 51, no. 2, pp. 285-301.
- UML 2, 2005, *Unified modelling language specification*. Object Management Group. Needham. USA.
- University of Waikato, 2016, Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA) v3.8.0, New Zealand.
- Wills Brett. 2009. *Green Intentions: creating a green value stream to compete and win*. Taylor and Francis Group. United State.
- Wilson, CD., Williams, ID., Kemp, S., 2012, An evaluation of the Impact and Effectiveness of Environmental Legislation in Small and Medium - sized Enterprises: Experiences from the UK, *Business Strategy and the Environment*. vol. 21, no. 3, pp. 141-156.



Risk Assessment dan Business Impact Analysis BPK RI dalam Pengembangan DRP BPK RI dengan Standar NIST 800-30 Rev 1.

Fuad Kurniawan, Lukito Edi Nugroho, Sri Suning Kusumawardani

Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281
+62(274)552305/547506
E-mail: fuad.kurniawan@mail.ugm.ac.id

Intisari

Teknologi informasi (TI) bagi Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia (BPK RI) memiliki peranan yang sangat penting dalam membantu mengelola data, pengambilan keputusan dan proses aktifitas audit sehari-hari. Jika ancaman bencana terjadi maka akan sangat mempengaruhi proses bisnis BPK RI, oleh karenanya diperlukan Disaster Recovery Plan (DRP) yang efektif untuk mengantisipasi hal tersebut. Dalam menyusun DRP maka perlu diketahui aset-aset apa saja yang penting dan tingkat kritikalitas aset tersebut agar dapat menemukan strategi pemulihan yang tepat. Penelitian ini bertujuan menjawab permasalahan tersebut dengan melakukan penilaian risiko(risk assessment) dan analisis dampak bisnis menggunakan standar NIST 800-30 Rev 1. Hasil penelitian menemukan 27 aset SI dari 17 proses yang ada di BPK RI, 14 aset memiliki dampak tinggi dan 7 aset dengan tingkat kritikalitas yang tinggi.

Kata Kunci: DRP, BPK RI, Risk Assessment, Business Impact Analysis, NIST SP 800-30 Rev.1

1. Pendahuluan

Teknologi Informasi (TI) mempunyai peranan yang penting bagi Badan Pemeriksa Keuangan RI (BPK), yaitu sebagai alat bantu dalam mengelola sejumlah besar data, dalam proses pengambilan keputusan dan untuk mendukung proses aktifitas audit sehari-hari, termasuk di dalamnya kebutuhan untuk melakukan komunikasi, kooperasi, dan koordinasi. Ketika ancaman bencana terjadi, maka akan sangat mempengaruhi proses bisnis BPK seperti terhentinya layanan TI yang membantu proses bisnis BPK. Oleh karena itu diperlukan suatu panduan yang singkat dan jelas untuk memulihkan layanan yang terhenti agar kembali normal, seperti *Disaster Recovery Plan (DRP)*.

Dalam mengembangkan DRP yang efektif maka ada beberapa tahapan dalam merancang sebuah DRP. Dalam *theoretical framework* yang dihasilkan dari penelitian dari penulis sebelumnya Kurniawan (2017) salah satu tahapannya yaitu melakukan *risk assessment* dan *business impact analysis*. Penelitian ini mencoba melakukan tahapan tersebut dengan menggunakan standar NIST 800-30 Rev 1 dan teori-teori yang berhubungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami proses bisnis organisasi, data dan informasi penting yang ada, aset Sistem Informasi (SI) yang kritis, dan analisis dampak dari aset-aset SI BPK.

1.1. Tinjauan Pustaka

Risk assessment merupakan proses mengidentifikasi aset informasi dari threat, vulnerability dan potensial risiko yang dihadapi sebagai bentuk usaha untuk mengenali risiko dan



tingkatannya(Whitman dan Mattord 2012; Snedaker, 2007; Hopkin, 2010; Laan, 2017). *Business Impact analysis* adalah analisis proses bisnis untuk mengetahui proses bisnis kritikal dan dampaknya, serta berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan proses bisnis tersebut setelah terjadi gangguan (Wiboonrat, 2008; Svata, 2013; Dey, 2011). Menurut Torabi et al. (2016) *Risk Assesment* merupakan sebuah metodologi yang digunakan untuk mengetahui kemungkinan risiko muncul dan bagaimana dampaknya terhadap tujuan organisasi. Hubungan antara RA dan BIA saling berkaitan antara satu sama lain diakibatkan RA dan BIA digunakan bersama untuk mengembangkan Business Continuity Plans untuk menghadapi risiko yang telah teridentifikasi seperti terlihat pada Gambar 1.

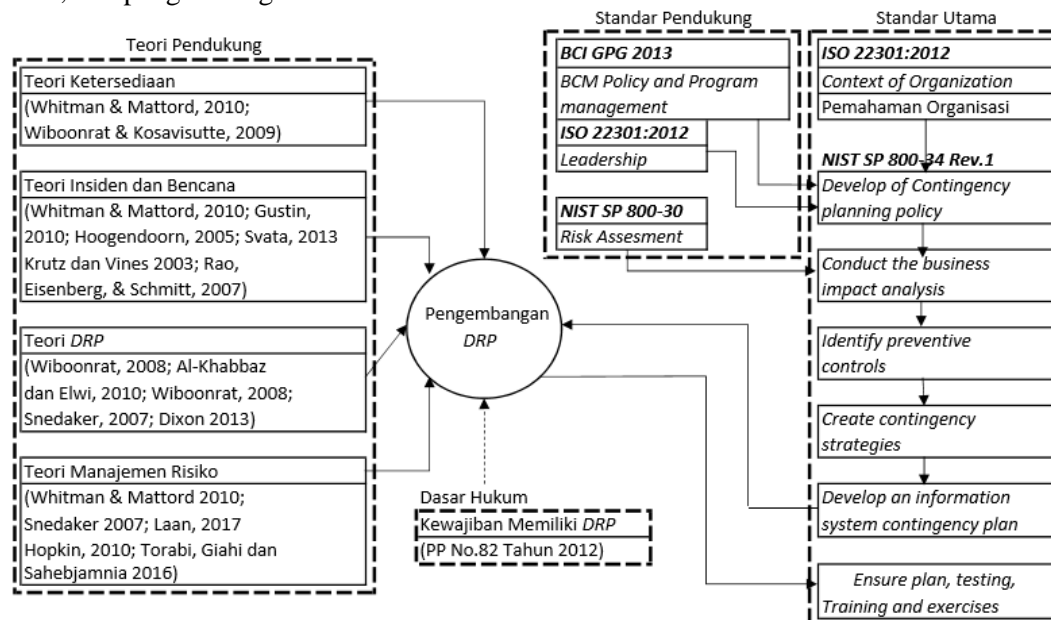


Gambar 1. Hubungan antara RA dan Elemen lain dari BCMS

1.2. Kerangka Kerja Konseptual

Kerangka kerja konseptual dari penelitian Kurniawan (2017) terdiri dari empat komponen utama yaitu: Dasar hukum (Peraturan Pemerintah No.82 tahun 2012), standar utama (standar *NIST SP 800-34 Rev 1*. dan *ISO 22301:2012*), standar pendukung (standar *ISO 22301:2012*, *BCI GPG 2013* dan *NIST SP 800-30 Rev 1.*) dan teori-teori pendukung (teori ketersediaan, teori insiden dan bencana, teori *DRP*, teori manajemen risiko) seperti terlihat pada Gambar 2.

Kerangka kerja konseptual yang disusun untuk membangun *DRP* yang efektif dengan menghasilkan 9 langkah untuk penyusunan *DRP* dalam organisasi yaitu: pemahaman organisasi, pengembangan kebijakan rencana kontingensi, penilaian risiko (*risk assessment*), analisis dampak bisnis (*business impact analysis*), identifikasi kontrol pencegahan, pembuatan strategi kontingensi, pengembangan rencana kontingensi, pengembangan *DRP* dan validasi, pelatihan, ujicoba, dan pengembangan.



Gambar 2. Kerangka Kerja Konseptual



2. Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan kajian pustaka penelitian-penelitian mengenai *risk assessment(RA)* dan *business impact analysis(BIA)*. Melakukan observasi, survey dan wawancara dalam implementasi *RA dan BIA* di BPK RI. Survey berupa kuesioner dilakukan pada 5-10 pegawai pada masing-masing satker. Hasil kuisisioner sangat beragam dari tiap responden dikarenakan perbedaan peran dan frekuensi penggunaan aset TI sehingga diperdalam dengan melakukan wawancara dengan responden khususnya penanggungjawab dan pengguna utama dari aset tersebut.

2.2. Risk Assessment

Tahapan penelitian yang digunakan menggunakan standar *National Institute of Standards and Technology Special Publication (NIST SP) 800-30 Rev.1* yang memberikan petunjuk, rekomendasi dan pertimbangan dalam menjamin melakukan *Risk Assessment*. Hasil risk assessment dengan *framework NIST 800-30 Rev 1* digunakan sebagai masukan dalam melakukan BIA. Langkah-langkah dalam risk assessment adalah:

1) System Characterization

Mempelajari proses bisnis internal yang ada di BPK melalui Buku Peta Proses Bisnis BPK. Analisis aset SI/TI untuk memetakan atribut aset untuk sistem informasi yang digunakan oleh masing-masing unit organisasi, seperti jenis *server*, data dan informasi yang dihasilkan, dan media penyimpanannya. Pemetaan Proses bisnis dengan aset SI/TI. Hasil analisis pemetaan proses bisnis dan aset SI/TI ini digunakan sebagai masukan untuk melakukan penilaian risiko.

2) Identifikasi Ancaman/Threat

Melakukan identifikasi potensial kelemahan aset SI/TI terhadap *threat*.

3) Identifikasi Kerawanan/Vulnerability

Melakukan identifikasi kerawanan/kelemahan, proses atau fisik yang menyebabkan komponen mudah dieksploitasi oleh ancaman (*threat*).

4) Identifikasi Kendali Pengawasan /Current Control

Menganalisis kendali pengawasan terhadap *threat* dan *vulnerability* terhadap aset SI/TI yang berjalan saat ini.

5) Identifikasi Kemungkinan/Likelihood

Estimasi kemungkinan dari terjadinya eksploitasi pada *vulnerability* aset (seberapa sering kemungkinannya terjadi) (Laan 2017). *Likelihood* untuk aset SI/TI ini akan diberikan tingkat *High; Medium; dan Low* terlihat pada Tabel 1.(NIST SP 800 30 Rev 1 2012).

Tabel 1. Tingkat *Likelihood*

Tingkat <i>Likelihood</i>	Deskripsi
<i>High</i>	Sumber ancaman sangat termotivasi dan cukup mampu, sedangkan kontrol yang ada untuk mencegah kerawanan tidak efektif.
<i>Medium</i>	Sumber ancaman termotivasi dan mampu, sedangkan kontrol yang ada bisa menghambat kerawanan tersebut.
<i>Low</i>	Sumber ancaman kurang motivasi dan tidak mampu menembus, kontrol yang ada mampu mencegah kerawanan tersebut.

6) Identifikasi Dampak/Impact

Mengidentifikasi dampak yang terjadi pada saat aset SI/TI mengalami gangguan/bencana dengan tingkatan *High; Medium; dan Low* seperti terlihat pada Tabel 2. (NIST SP 800 30 Rev 1 2012)



Tabel 2. Tingkat Dampak

Tingkat Dampak	Deskripsi
High	Kerawanan mengakibatkan: 1) hilangnya aset/sumber daya yang sangat mahal; 2) secara signifikan melanggar/membahayakan atau menghambat misi organisasi, reputasi dan kepentingan organisasi; dan 3) dapat mengakibatkan kematian atau cedera yang serius.
Medium	Kerawanan mengakibatkan: 1) hilangnya aset/sumber daya yang mahal; 2) melanggar/membahayakan atau menghambat misi organisasi, reputasi dan kepentingan organisasi; dan 3) dapat mengakibatkan cedera pada manusia.
Low	Kerawanan mengakibatkan: 1) hilangnya beberapa aset/sumber daya; dan 2) tidak terlalu mempengaruhi misi organisasi, reputasi dan kepentingan organisasi.

7) *Risk Determination*

Menentukan nilai risiko berdasarkan hasil perkalian matriks *likelihood* dengan *impact* (Sjaak Laan, 2011). Tingkat risiko dipetakan dari matrik 3x3 seperti terlihat pada Tabel 3. berikut:

Tabel 3. Pemetaan *Risk Level* dari *Likelihood* x *Impact*

Threat Likelihood	Impact Level		
	Low	Medium	High
High	Low	Medium	High
Medium	Low	Medium	Medium
Low	Low	Low	Low

Deskripsi tingkat risiko terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tingkat Risiko

Tingkat Risiko	Deskripsi
High	Sangat membutuhkan rencana tindakan korektif yang harus segera dilakukan.
Medium	Rencana tindakan korektif dibangun pada rentang waktu tertentu.
Low	Menentukan apakah tindakan korektif masih dibutuhkan atau memutuskan untuk menerima risiko.

2.3. *Business Impact Analysis (BIA)*

Setelah melakukan *risk assessment*, selanjutnya melakukan BIA dan pembuatan strategi kontingensi. Langkah-langkah dalam melakukan BIA dan Pembuatan strategi kontingensi berdasarkan NIST SP 800-34 Rev.1(NIST 2010):

- 1) Menentukan tingkat kekritisitas proses bisnis beserta pemulihannya;
- 2) Mengidentifikasi kebutuhan sumber daya yang meliputi pegawai, perangkat keras dan lunak, data, fasilitas dan perangkat lainnya;
- 3) Mengidentifikasi pemulihan sumber daya sistem berdasarkan proses bisnis yang didukung oleh sistem tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Proses bisnis BPK

Proses bisnis yang ada di BPK tertuang dalam Buku Peta Proses Bisnis BPK seperti yang terlihat pada Gambar 3. Peta proses bisnis BPK Level 0 menggambarkan input, proses, dan output yang terjadi di BPK. Input yang telah dipetakan berasal dari Lembaga Perwakilan, Pemerintah, Masyarakat, Bank Indonesia, Kementerian Keuangan, dan KAP/Lembaga Profesional lain. Proses yang ada di BPK terdiri atas 3 proses yaitu Proses Utama, Proses Penunjang, dan Proses Manajemen. *Output* dikelompokkan sesuai dengan penerima *output*, yaitu Lembaga Perwakilan,



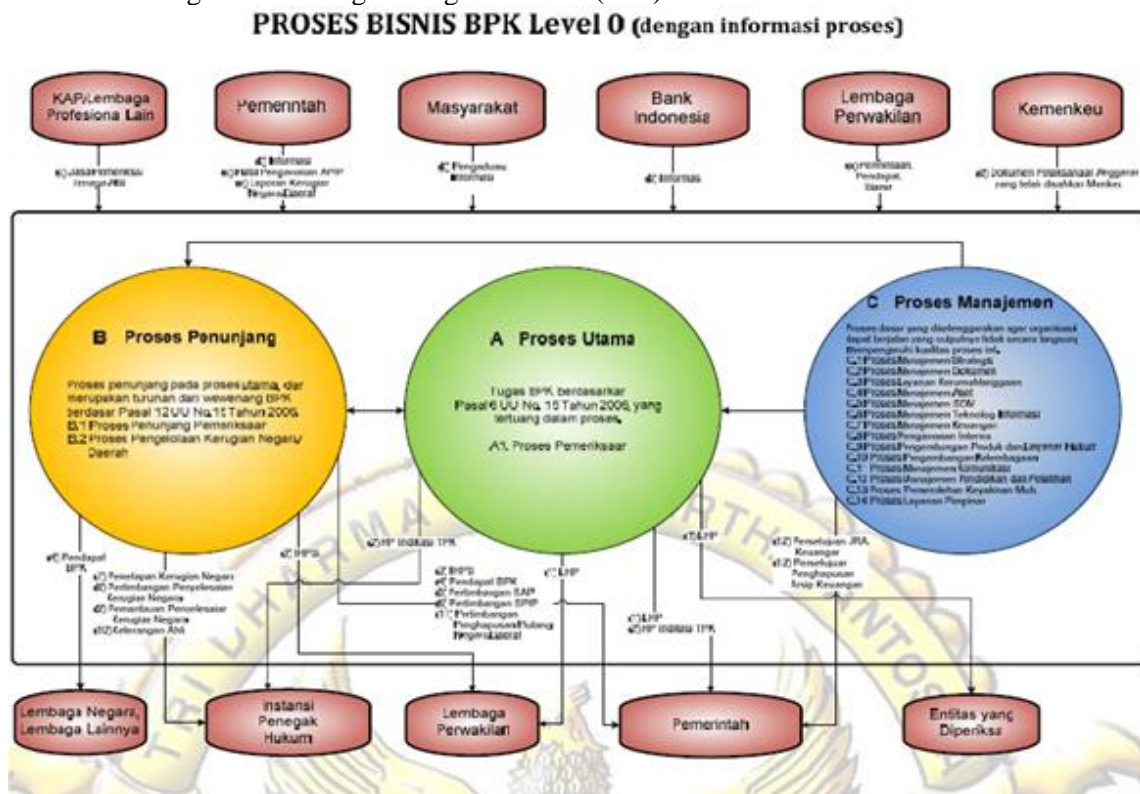
Pemerintah, Instansi Penegak Hukum, Entitas yang Diperiksa, serta Lembaga Negara dan Lembaga Lainnya. Proses bisnis di BPK terdiri dari tiga bagian, yaitu:

A. Proses Utama

Berdasarkan Undang-Undang No. 15 tahun 2006 tentang Badan Pemeriksa Keuangan, proses utama (core process) dari proses bisnis BPK merupakan representasi dari tugas utama BPK yang dicerminkan dalam tugas pemeriksaan atas pengelolaan dan tanggung jawab keuangan negara, dimulai dari proses awal pemeriksaan sampai menghasilkan produk akhir. Pada proses utama hanya terdapat sebuah proses, yaitu manajemen pemeriksaan (A.1.) yang terdiri dari subproses perencanaan pemeriksaan, pelaksanaan pemeriksaan, dan pelaporan pemeriksaan.

B. Proses Penunjang

Proses penunjang merupakan proses yang memberikan input untuk proses pemeriksaan dan dapat menghasilkan produk sampingan BPK (by product) yang ditujukan kepada pihak eksternal BPK. Karakteristik proses penunjang adalah: berpengaruh secara langsung terhadap proses bisnis utama (baik input, proses, dan/atau output), dan memanfaatkan output dari proses utama. Adapun sub proses yang terdapat didalam proses penunjang adalah Proses Penunjang Pemeriksaan (B.1.) dan Proses Pengelolaan Kerugian Negara/Daerah (B.2.).



Gambar 3. Peta Proses Bisnis BPK Level 0

C. Proses Manajemen

Proses manajemen merupakan proses manajemen baik strategis (yang merumuskan strategi serta kebijakan jangka panjang BPK untuk mencapai tujuannya) maupun operasional yang output-nya mendukung proses/unit kerja untuk keseluruhan organisasi. Karakteristik Proses Manajemen, yaitu: berpengaruh secara tidak langsung terhadap proses bisnis utama, dan keberadaannya sebagai pelengkap organisasi. Berdasarkan karakteristik tersebut, maka Proses Manajemen pada BPK terdiri dari 14 sub proses, yaitu: Proses Manajemen Strategis (C.1.); Proses Manajemen Dokumen (C.2.); Proses Layanan Kerumahtanggaan(C.3.); Proses Manajemen Aset



(C.4.); Proses Manajemen SDM pemilik (C.5.); Proses Manajemen Teknologi Informasi (C.6.); Proses Manajemen Keuangan (C.7.); Proses Pengawasan Internal (C.8.); Proses Pengembangan Produk dan Layanan Hukum(C.9.); Proses Pengembangan Kelembagaan (C.10.); Proses Manajemen Komunikasi (C.11.); Proses Manajemen Pendidikan dan Pelatihan(C.12.); Proses Pemerolehan Keyakinan Mutu (C.13.); Proses Layanan Pimpinan (C.14.).

3.1. Pemetaan Proses Bisnis ,Informasi dan identifikasi Aset

Dari hasil identifikasi proses bisnis di BPK, selanjutnya dilakukan pemetaan informasi dan asset SI/TI pada masing-masing proses bisnis dan satker terkait melalui kuisioner dan wawancara seperti terlihat pada Tabel 5. Dari 17 proses terdapat 27 aset SI yaitu: Kertas Kerja Pemeriksaan (KKP), Sistem Manajemen Pemeriksaan (SMP), Portal e-Audit, Sistem Informasi SDM (SISDM), Rencana Kegiatan Sekretariat dan Penunjang (RKSP), Sistem Manajemen Kinerja (SIMAK), *File Sharing*, Sistem Informasi Kerugian Negara/Daerah (SIKAD), *e-Learning*, *e-Nodin*, Sistem Informasi Kantor Akuntan Publik (SIKAP), Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum (JDIH), *website* Pusat pendidikan dan pelatihan (Pusdiklat), Sistem Informasi Tagihan (SINTAG), Sistem Pengelolaan Informasi keuangan (SIKON), Hubungan Komunikasi Luar Negeri (HKLN), *Database* Pendapat Hukum, Sistem Informasi Pendidikan dan pelatihan (Sisdiklat), Sistem Informasi Keuangan Negara (SIK), Sistem Informasi Pelayanan TI (SIMPLI), *Website* BPK, Rencana Kerja dan Anggaran (RKA K/L DIPA), Sistem Akuntansi Pengguna Anggaran (SAKPA), Sistem Manajemen Akuntansi Barang Milik Negara (SIMAK BMN), Sistem Manajemen Aset Negara (SIMAN), Database Entitas Pemeriksaan (DEP), dan Sistem Informasi Perpustakaan (SIPUSPA).

Tabel 5. Pemetaan Proses Bisnis, Data/Informasi dan aset TI

No.	Layanan	Data/Informasi	Aset SI/TI
1	Proses Manajemen Pemeriksaan	Informasi pemeriksaan dari persiapan hingga laporan hasil pemeriksaan.	SMP, KKP, Portal e-Audit, SIKAD, DEP, SISDM, File Sharing.
2	Proses Penunjang Pemeriksaan	Informasi jadwal pemeriksaan, nota dinas, matriks, ikhtisar pemeriksaan dan kantor akuntan publik(KAP)	SMP, SIKAD, DEP, SISDM, SIKAP, File Sharing.
3	Proses Pengelolaan Kerugian Negara/Daerah	Informasi pendapat hukum, rekonsiliasi pemantauan, rekomendasi penyelesaian dan putusan akhir.	SMP, SIKAD, Database Pendapat Hukum, File Sharing.
4	Proses Manajemen Strategis	Informasi rencana kerja, program, prognosa, dan kinerja satuan kerja(satker).	SMP, RKSP, SIMAK, File Sharing.
5	Proses Manajemen Dokumen	Informasi persuratan, laporan mingguan.	SISDM, File Sharing.
6	Proses Kerumahtanggaan	Informasi sarana dan prasarana, laporan bulanan.	SISDM, SIMAN, File Sharing.
7	Proses Manajemen Aset	Informasi aset negara dan penghapusan aset.	SIMAK BMN
8	Proses Manajemen SDM	Informasi pegawai, beban kerja, formasi dan jabatan.	SISDM, File Sharing.
9	Proses Manajemen Teknologi Informasi	Informasi aplikasi, database, infrastruktur, SOP layanan, pihak ketiga, lap. progress dan dokumen teknis.	SIMPLI, Team Foundation Server, Server Production, File Sharing.



No.	Layanan	Data/Informasi	Aset SI/TI
10	Proses Pengembangan Produk dan Layanan Hukum	Informasi Keterangan Ahli, gugatan, pendapat hukum, telaah hukum, pendampingan dan produk hukum.	JDIH, File Sharing.
11	Proses Pengembangan Kelembagaan	Informasi sidang, rencana kerja, rencana penganggaran, standar operasi, instruksi kerja, riset laporan dan kajian.	File Sharing
12	Proses Manajemen Komunikasi	Informasi dan dokumentasi kegiatan, pemberitaan, kerjasama media dan perpustakaan.	HKLN, SIPUSPA, Website BPK, File Sharing.
13	Proses Manajemen Pendidikan dan Pelatihan	Informasi jadwal, katalog, permintaan, perencanaan, pelaksanaan dan evaluasi pendidikan dan latihan.	Web Pusdiklat, Sisdiklat, e-Nodin, e-Learning, File Sharing.
14	Proses Pemerolehan Keyakinan Mutu	Informasi program, monitoring, reviu dan hasil evaluasi.	File Sharing.
15	Proses Layanan Pimpinan	Informasi undangan, agenda, bahan dan hasil sidang.	File Sharing.
16	Proses Manajemen Keuangan	Informasi tagihan, laporan perjalanan dinas, pembayaran dan laporan pertanggungjawaban anggaran.	SINTAG, SIK, SIKOIN, SAKPA, RKA K/L DIPA, File Sharing.
17	Proses Pengawasan Internal	Informasi dugaan pelaporan, pelanggaran dan hukuman disiplin	File Sharing.

3.1. Identifikasi Ancaman, Kerawanan, Kontrol berjalan

Identifikasi ancaman (*threat*) digunakan untuk mengetahui berbagai macam gangguan/bencana yang mengancam aset SI/TI. Identifikasi kerawanan (*vulnerability*) digunakan untuk mengetahui berbagai macam kerawanan terhadap aset SI/TI. Identifikasi kendali pengawasan (*current control*) merupakan kontrol pengamanan terhadap aset SI/TI di BPK yang sudah ada seperti terlihat pada Tabel 6.



Tabel 6. Identifikasi Ancaman, Kerawanan, Kontrol berjalan

No.	Aset SI	Threat Source	Threat Action	Vulnerability	Current Control
1	SMP, Portal e-Audit, DEP, SIKAP, SIKAD, SISDM, SIK, SINTAG, SIKOIN, HKLN, JDIH, DB Pendapat Hukum, RKSP, SIMAK, SIMPLI, SIPUSPA, Web BPK, RKA/L DIPA, SAKPA, SIMAK BMN, File Sharing, SIPUSPA, Web Pusdiklat, e-learning, SISDIKLAT, e-nodin	Human error; System failure; Flashdisk/Hardisk Hilang; Kebakaran; Pencurian; Listrik Mati; Kerusakan/Demo; Banjir; Gempa Bumi; Bom.	Menghancurkan/ merusak gedung; Jaringan; dan Perangkat SI; menghilangkan data dan informasi; penyalahgunaan data dan informasi.	Lokasi Data Center yang terpusat; Kerusakan perangkat; Pasokan Listrik 1 jalur; Pencurian; Keamanan gedung; Maintenance Aplikasi;	CCTV, Backup Data Berkala, Antivirus, Password PC/Laptop, Alat pemadam kebakaran, Sensor asap, Lemari/Brankas dikunci.
2	KKP	Human error; System failure; Flashdisk/Hardisk Hilang; Pencurian; SDM yang tidak bisa digantikan jika absen;	Menghilangkan atau merusak data dan informasi; penyalahgunaan data dan informasi.	Laptop dibawa oleh masing-masing pemeriksa; Kerusakan perangkat; Pencurian; Keamanan lokasi pemeriksaan;	Backup berkala pada Flashdisk/Hardisk external selama pemeriksaan; antivirus; Password laptop;

3.2 Identifikasi Kemungkinan (*likelihood*)

Identifikasi *likelihood* merupakan identifikasi kemungkinan terjadinya bencana/gangguan terhadap aset SI/TI di BPK ketika *threat* atau *vulnerability* tereksplorasi yang sudah ada seperti terlihat pada Tabel 6. Berdasarkan hasil kuesioner sesuai dengan Tabel 1. dari beberapa pengguna terhadap aset SI/TI yang sama, menunjukkan tingkatan *likelihood* yang berbeda-beda. Untuk itu, peneliti mengambil tingkatan *likelihood* yang tertinggi untuk penilaian aset SI/TI yang berbeda-beda seperti terlihat pada Tabel 7.

3.3 Identifikasi Dampak (*Impact*)

Identifikasi *impact* merupakan identifikasi tingkat kritis aset SI/TI berdasarkan aspek seberapa pentingnya asset tersebut untuk dilindungi (*Revenue*), seberapa besar biaya yang dikeluarkan jika asset tersebut tidak dapat beroperasi (*Profitability*), dan seberapa besar pengaruh asset tersebut terhadap reputasi organisasi (*Public Image*). Berdasarkan hasil kuesioner dari beberapa pengguna terhadap aset SI yang sama sesuai dengan keterangan pada Tabel 2. menunjukkan tingkatan *impact* yang berbeda-beda. Untuk itu, peneliti mengambil tingkatan *impact* yang tertinggi untuk penilaian aset SI yang berbeda-beda. *Impact* terdiri dari 3 (tiga) kategori yaitu *High*, *Medium*, dan *Low*. Hasil identifikasi dampak dapat terlihat pada Tabel 8.

3.4 Risk Determination

Risk determination untuk menentukan tingkat risiko aset SI/TI melalui perkalian *likelihood* dengan tingkat dampak. Tingkat risiko dipetakan dari matrik 3 x 3 seperti terlihat pada Tabel 3 di tahapan penelitian. Tingkat risiko yang sudah diurutkan dari tingkat tertinggi ke tingkat terendah terlihat pada Tabel 7.



Tabel 7. *Risk Determination* yang Sudah Diurutkan

No.	Aset SI/TI	Likelihood	Tingkat Dampak	Tingkat Risiko
1.	KKP	High	High	High
2.	SMP	High	High	High
3.	Portal e-Audit	High	High	High
4.	SISDM	High	High	High
5.	RKSP	High	High	High
6.	SIMAK	High	High	High
7.	File Sharing	High	High	High
8.	SIKAD	Medium	High	Medium
9.	e-Learning	Medium	High	Medium
10.	e-Nodin	High	Medium	Medium
11.	SIKAP	Medium	Medium	Medium
12.	JDIH	Medium	Medium	Medium
13.	Website Pusdiklat	Medium	Medium	Medium
14.	SINTAG	Low	High	Low
15.	SIKON	Low	High	Low
16.	HKLN	Low	High	Low
17.	Database Pendapat Hukum	Low	High	Low
18.	Sisdiklat	Low	High	Low
19.	SIK	Low	Medium	Low
20.	SIMPLI	Low	Medium	Low
21.	Website BPK	Low	Medium	Low
22.	RKA K/L DIPA	Low	Medium	Low
23.	SAKPA	Low	Medium	Low
24.	SIMAK BMN	Low	Medium	Low
25.	SIMAN	Low	Medium	Low
26.	DEP	Low	Low	Low
27.	SIPUSPA	Low	Low	Low

Sumber: Hasil kuesioner dan wawancara, telah diolah kembali

3.4 Analisis Dampak Bisnis/*Business Impact analysis (BIA)*

Analisis dampak bisnis diperoleh dari hasil kuesioner yang diisi oleh pengguna aset SI di BPK apabila aset SI/TI terjadi gangguan. Hasil analisis dampak bisnis terlihat pada Tabel 8.



Tabel 8. Dampak dan Tingkat Dampak Aset SI/TI

No.	Aset SI/TI	Dampak	Tingkat Dampak
1	KKP	Laporan Terlambat; Penyalahgunaan; Informasi Bocor; Dokumen Hilang; Penelusuran Pemeriksaan tidak bisa; Data tidak valid; Pemeriksaan harus diulang; Nama baik BPK menjadi turun dimata Auditee.	High
2	SMP	Proses penyusunan laporan terlambat; Penyalahgunaan oleh pihak-pihak yang tidak berhak; Bocornya informasi yang bersifat rahasia; Hilangnya dokumen pendukung pemeriksaan; Penelusuran pemeriksaan sebelumnya tidak dapat dilakukan; Data menjadi kurang akurat/valid;	High
3	Portal e-Audit	Laporan Terlambat; Penyalahgunaan; Informasi Bocor; Penelusuran Pemeriksaan tidak bisa; Data tidak valid; Dokumen Hilang;	High
4	SISDM	Penghitungan ulang kesesuaian formasi, beban kerja, dan ketersediaan pegawai; Kebocoran dokumen rahasia terkait data perorangan; Data rusak/hilang, harus dilakukan pengecekan manual dan meminta lagi pada satuan kerja/pegawai terkait.	High
5	RKSP	Data hilang; Pekerjaan terlambat; Target tidak tercapai; Unit lain terhambat; Inefisiensi waktu;	High
6	SIMAK	Data hilang; Pekerjaan terlambat; Target tidak tercapai; Unit lain terhambat; Inefisiensi waktu; Pembengkakan biaya; Data kinerja Satuan kerja tidak dapat dipantau.	High
7	File Sharing	Tidak bisa mengakses data/informasi yang dibutuhkan; Tidak bisa melanjutkan pekerjaan; menginput ulang pekerjaan.	High
8	SIKAD	Data sumber hilang menyebabkan pemantauan tindak lanjut dan kerugian negara tidak dapat dilakukan; Penyampaian output tidak tepat waktu; Kegiatan pemantauan menjadi tidak tepat waktu.	High
9	e-Learning	Menghambat pekerjaan; Proses ujian online tidak bisa dilakukan; penjadwalan ulang untuk ujian; Peserta menunggu untuk ujian online.	High
10	SINTAG	Kerjaan terhambat, Laporan terlambat; Tagihan/pencairan terlambat; Info anggaran terganggu; Bendahara tidak tahu rincian uang yg ada.	High
11	SIKOIN	Kerjaan terhambat, Laporan terlambat; Tagihan/pencairan terlambat; Info anggaran terganggu; Bendahara tidak tahu rincian uang yg ada.	High
12	HKLN	Mengganggu pekerjaan; Nama BPK dgn negara lain menjadi kurang baik.	High
13	Database Pendapat Hukum	Tidak bisa akses data/informasi yg perlu/pekerjaan terhenti; Penundaan sidang Majelis Tuntutan Perbendaharaan.	High
14	Sisdiklat	Menghambat pekerjaan; Pelaksanaan diklat menjadi terganggu;	High
15	e-Nodin	Pekerjaan terhambat; mengganggu administrasi & pelaporan; ada info yang terlewat; Info pemakaian sarana tidak terpantau sehingga bentrok.	Medium
16	SIKAP	Data KAP hilang; Informasi Bocor; Dokumen Hilang;	Medium
17	JDIH	Tidak ada akses data yang perlu/pekerjaan terhambat; Tidak bisa menginput produk hukum ke dalam aplikasi.	Medium
18	Website Pusdiklat	Informasi jadwal diklat tidak dapat diakses oleh Satuan kerja; Pelaksanaan diklat menjadi terganggu; Nama baik Pusdiklat menjadi kurang baik.	Medium
19	SIK	Kerjaan terhambat, Laporan terlambat; Tagihan/pencairan terlambat; Info anggaran terganggu; Bendahara tidak tahu rincian uang yg ada.	Medium
20	SIMPLI	Mengganggu operasional pekerjaan; Tidak dapat memantau keluhan pengguna.	Medium
21	Website BPK	Stakeholder tidak dapat mengakses informasi dari website; nama baik BPK menjadi kurang baik.	Medium
22	RKA K/L DIPA	Kerjaan terhambat, Laporan terlambat; Terlambatnya RKAKL/DIPA ke KemenKeu; Terlambat rekonsiliasi ; Tagihan/pencairan terlambat;	Medium



No.	Aset SI/TI	Dampak	Tingkat Dampak
23	SAKPA	Kerjaan terhambat, Laporan terlambat; Terlambatnya RKAKL/DIPA; rekonsiliasi; Tagihan/pencairan terlambat; Info anggaran terganggu;	Medium
24	SIMAK BMN	Kerjaan terhambat, Laporan terlambat; Terlambat menyampaikan data BMN ke KPKNL.	Medium
25	SIMAN	Kerjaan terhambat, Laporan terlambat; Terlambat menyampaikan data BMN ke KPKNL.	Medium
26	DEP	Laporan Terlambat; Penyalahgunaan; Informasi Bocaor; Dokumen Hilang; Penelusuran Pemeriksaan tidak bisa; Data tidak valid;	Low
27	SIPUSPA	Mengganggu proses pekerjaan; tidak bisa melakukan peminjaman/perpanjangan peminjaman buku; Tidak bisa mengakses databuku.	Low

(Sumber: Hasil kuesioner dan wawancara, telah diolah kembali)

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini telah menjawab rumusan masalah yang menjadi tujuan penelitian. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

1. Proses yang ada di BPK terdiri atas 17 proses yaitu satu Proses Utama, dua Proses Penunjang, dan 14 Proses Manajemen dengan 27 aset SI yang menjadi tanggung jawab Biro TI sebagai pengelola SI BPK;
2. Hasil identifikasi 27 aset yang ada ancaman, kerawanan, kontrol berjalan hampir semua sama hanya aset KKP yang memiliki perbedaan dikarenakan masih manual oleh masing-masing pemeriksa;
3. Hasil dampak bisnis analisis yang dilakukan ada tujuh aset SI yang kritikal yaitu: KKP, SMP, Portal e-Audit, SISDM, RKSP, SIMAK dan File Sharing;
4. Hasil analisis dampak pada 27 aset yang ada, 14 aset memiliki dampak yang tinggi, 11 dampak menengah dan 2 memiliki dampak yang rendah.

Setelah mengetahui semua risiko, dampak dan aset-aset yang kritikal maka yang harus dilakukan selanjutnya yaitu: mengidentifikasi kontrol pencegahan terhadap aset-aset tersebut, membuat strategi pencegahan, strategi mitigasi dan strategi pemulihan dari aset-aset tersebut.

Daftar Pustaka

- Badan Pemeriksa Keuangan, 2012, *Peta proses bisnis BPK.*, Badan Pemeriksa Keuangan, Jakarta, Indonesia.
- Dey, M., 2011, Business Continuity Planning (BCP) Methodology., *IEEE GCC Conference and Exhibition (GCC)*, pp.229–232.
- Hopkin, Paul., 2010, *Fundamentals of risk management: Understanding, evaluating, and implementing effective risk management.*, Kogan Page Limited, London, UK.
- Kurniawan, F., 2017. Kerangka Kerja Konseptual Pengembangan Disaster Recovery Plan. , SenTI UGM 2017 (8 November), pp.1–10.
- Laan, S., 2017, *IT infrastructure architecture: Infrastructure building blocks and concepts 3rd Edition*, Lulu Press Inc, Morrisville, North Carolina.
- NIST, 2010, NIST SP 800-34 Rev. 1, *Contingency planning* Guide for Federal Information Systems., akses online 1 Mei 2017, URL: <http://csrc.nist.gov/publications>
- NIST SP 800 30 Rev 1, 2012, *Guide for Conducting Risk Assessments.*, akses online 20 September 2017, URL: <http://csrc.nist.gov/publications>.
- Snedaker, S. 2007, *Business continuity & disaster recovery for IT professionals*. Syngress Publishing, Inc., Burlington, MA.
- Svata, V., 2013, System View of Business Continuity Management. *Journal of Systems*



- Integration*, Vol. 4(2), pp.19–35.
- Torabi, S.A., Giahi, R. & Sahebjamnia, N., 2016, An enhanced risk assessment framework for business continuity management systems. *Safety Science*, Vol.89, pp.201–218.
- Whittman, M.E. & Mattord, H.J., 2013, *Management of Information Security Fourth Edition* Fourth Edi., Course Technology Cengage Learning, Stamford, CT.
- Wiboonrat, M. & Kosavisutte, K. (2008), Optimization strategy for disaster recovery. *Jurnal IEEE, Management of Innovation and Technology*, 2008. ICMIT 2008. 4th IEEE International Conference. pp. 675-680.



Kerangka Kerja Konseptual Pengembangan *Disaster Recovery Plan*

Fuad Kurniawan¹, Lukito Edi Nugroho², Sri Suning Kusumawardani³

¹Mahasiswa Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik UGM

^{2,3}Dosen Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik UGM

Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi

Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281

+62(274)552305/547506

E-mail: fuad.kurniawan@mail.ugm.ac.id

Intisari

Kemampuan instansi untuk mempertahankan keakurasian, ketersediaan, keaktualan, dan keamanan data merupakan hal yang sangat penting. Kehilangan data akan menyebabkan kerugian finansial, perkara hukum, dan menurunkan reputasi instansi. Langkah untuk menjamin hal tersebut maka diperlukan perencanaan untuk menanggulangi kejadian yang tidak diinginkan atau bencana demi keberlangsungan bisnis. Salah satu caranya yaitu menyusun sebuah rencana penanggulangan bencana/Disaster Recovery Plan (DRP). Adanya peraturan pemerintah yang mewajibkan pelayanan publik untuk memiliki rencana keberlangsungan kegiatan membutuhkan sebuah framework yang bisa dimanfaatkan oleh organisasi pemerintah untuk menyusun sebuah DRP. Penelitian ini menjawab permasalahan tersebut dengan membuat sebuah kerangka kerja konseptual untuk pengembangan DRP. Theoretical Framework yang dibangun berdasarkan modifikasi standar NIST SP 800-34 Rev.1 dengan ISO 22301:2012 dan teori-teori yang berkaitan dengan DRP. Metodologi yang digunakan dengan melakukan tinjauan pustaka penelitian sebelumnya dan perbandingan terhadap standar BC/DRP yang berlaku untuk menemukan kriteria yang berpengaruh terhadap DRP. Hasil penelitian berupa kerangka kerja konseptual dengan yang terdiri dari 4 komponen yaitu: dasar hukum, standar utama, standar pendukung dan teori-teori pendukung dalam pengembangan DRP.

Kata Kunci: DRP, Kerangka kerja konseptual, NIST SP 800-34 Rev.1, ISO 22301:2012, BCI GPG 2013

1. Pendahuluan

Informasi telah menjadi bagian terpenting bagi instansi pemerintah bukan hanya dalam menjalankan aktifitas sehari-hari, namun juga dalam memberikan layanan kepada masyarakat sehingga kebutuhan informasi oleh instansi pemerintah tidak akan pernah berhenti digunakan. Tingkat kebutuhan akan informasi yang tinggi mengakibatkan informasi yang ada harus tersimpan dalam sistem keamanan yang terjamin dari segala gangguan. Informasi yang tersimpan harus selalu tersedia jika dibutuhkan.

Sebagai contoh terjadinya bencana kebakaran di kantor pusat sebuah kantor pemerintahan berlantai 17, dengan letak data center di lantai dasar. Kebakaran terjadi di lantai 11 dan tim pemadam kebakaran berhasil melokalisasi api sehingga tidak merambat ke lantai lainnya. Aliran listrik dimatikan atas otoritas pihak pemadam kebakaran dan kepolisian, sehingga *data center* hanya didukung aliran listriknya dari perangkat *UPS (Uninterruptible Power Supply)*, setelah itu semua perangkat komputer dan komunikasi berhenti beroperasi. Meskipun hanya merusak



fasilitas di lantai tersebut namun hampir semua kegiatan operasional dan layanan pada hari itu terhenti. Layanan informasi yang menjadi tanggungjawab divisi Teknologi Informasi (TI) tidak tersedia sehingga mengganggu proses bisnis dari instansi tersebut.

Ketika terjadi insiden atau bencana, Secara garis besar instansi akan mengalami kerugian. Kerugian tersebut antara lain: informasi tidak dapat diakses (*loss of availability*), data rusak atau telah berubah menjadi data sampah (*loss of integrity*) dan terjadi kebocoran informasi penting yang seharusnya terlindungi (Whittman dan Mattord, 2013). Kemampuan instansi untuk mempertahankan keakuratan, ketersediaan, keaktualan, dan keamanan data merupakan kontribusi utama dalam meningkatkan kepercayaan pengguna. Kehilangan data akan menyebabkan perkara hukum, sanksi, dan menurunkan reputasi instansi. Manajemen TI yang baik adalah yang mampu meminimalisir risiko-risiko tersebut dengan cara memberikan perlakuan yang tepat terhadap risiko-risiko yang akan dihadapi agar bisnis dapat tetap berjalan lancar (Wiboonratr dan Kosavisutte, 2009).

1.1. Rumusan Masalah

Berdasarkan kondisi-kondisi tersebut maka sebuah instansi perlu untuk menyusun suatu strategi atau perencanaan yang tepat untuk menanggulangi kejadian yang tidak diinginkan atau bencana demi keberlangsungan bisnisnya. Selain itu kewajiban memiliki rencana keberlangsungan bagi instansi publik juga diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2012 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik pasal 17 ayat (1): “Penyelenggara Sistem Elektronik untuk pelayanan publik wajib memiliki rencana keberlangsungan kegiatan untuk menanggulangi gangguan atau bencana sesuai dengan risiko dari dampak yang ditimbulkan”.

Sebagian besar organisasi terutama pemerintahan belum memiliki rencana keberlangsungan kegiatan tersebut. Penelitian mengenai keberlangsungan bisnis sebagian besar didominasi oleh perusahaan yang bergerak dalam bidang bisnis sehingga sebagian besar standar dan hasil penelitian yang ada saat ini fokus pada organisasi bisnis dan menurut (Alhami dan Malaiya, 2014) klasifikasi *tier* yang ada mengenai *Disaster recovery Plan (DRP)* saat ini dikembangkan oleh perusahaan besar dalam industri *DRP*. Penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan tersebut dengan menyusun sebuah kerangka kerja konseptual (*theoretical framework*) yang fokus kepada organisasi pemerintah dalam pengembangan rencana penanggulangan bencana/*Disaster recovery Plan (DRP)*. Pengembangan kerangka kerja konseptual tersebut merupakan salah satu langkah awal dalam penyusunan *DRP* (Shropshire dan Kadlec, 2009). Kerangka kerja konseptual yang disusun disesuaikan dengan salah satu divisi TI lembaga pemerintahan Indonesia yang menjadi tempat studi kasus penelitian pengembangan *DRP* dan diharapkan sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi organisasi pemerintahan secara umum.

1.2. Tinjauan Pustaka

Penelitian menggunakan standar BCI GPG pada umumnya dilakukan untuk implementasi *Bussines Continuity Planning (BCP)* seperti penelitian oleh Sumter (2011) mengenai *BCM* untuk perusahaan bisnis yang berorientasi pada proses di suriname dan penelitian dari Dey (2011) yang mengilustrasikan konsep BCP dan implikasinya kedalam keadaan bisnis yang mengalami gangguan dengan menerapkan framework BCP. Penelitian Svata (2013) mencoba membuat sebuah framework umum BCM dengan menggabungkan beberapa standar seperti COSO, ISO, BCI, COBIT, ITIL.

Implementasi menggunakan standar ISO menekankan pada pentingnya proses pemahaman organisasi dan *risk management*, penelitian proses penilaian risiko dan identifikasi *pencegahannya (risk management)*. Penelitian Zawada (2014) menuliskan mengenai bagaimana implementasi dari tiga penerapan umum standar ISO 22301 (*“Health Check”*, *Conformance* dan



Certification) dan bagaimana cara menggunakan standar tersebut untuk menyelesaikan tantangan umum yang dihadapi para pelaku *business continuity* sehari-hari. Penelitian Torabi et al. (2016) yang membuat opsi framework untuk *assessment* dan manajemen risiko.

Penelitian menggunakan standar NIST berfokus pada sistem informasi (SI) seperti penelitian Swanson dan lainnya Swanson et al. (2012) yang mengungkapkan bahwa *DRP* adalah sebuah rencana yang fokus pada SI dan didesain untuk memulihkan kemampuan operasional dari target sistem, aplikasi, atau fasilitas infrastruktur komputer pada lokasi cadangan saat keadaan darurat (*Disaster Recovery Center/DRC*) dan Penelitian Dixon (2013) berupa penjelasan framework Pembuatan rencana pemulihan TI dalam NIST SP 800-34 rev 1. Penelitian-penelitian tersebut menggambarkan bagaimana kelebihan dan keterbatasan masing-masing standar yang coba diadopsi dalam penelitian ini untuk membuat sebuah kerangka kerja konseptual yang mencakup keseluruhan standar secara umum dan dapat diimplementasikan sesuai tujuan organisasi.

Teori-teori pendukung digunakan sebagai masukan dalam tahapan pembuatan *theoretical framework*. Teori-teori tersebut juga digunakan untuk memperkuat dasar dari pengembangan *Disaster Recovery Plan (DRP)* sehingga dapat diterapkan oleh organisasi dengan efektif. Teori yang mendukung perancangan *DRP* dalam penelitian ini antara lain: ketersediaan (Whittman dan Mattord, 2013; Wiboonratr dan Kosavisutte, 2009), insiden dan bencana (Whittman dan Mattord, 2013; Svata 2013; Hoogendoorn et al., 2008; Krutz dan Vines 2003; Rao et al., 2007; Gustin, 2010; Undang-undang No.24 Tahun 2007); *disaster recovery plan* (Krutz dan Vines, 2003; Wiboonratr dan Kosavisutte, 2009; Whittman dan Mattord, 2013), *risk management* (Whittman dan Mattord, 2013; Laan, 2017; Snedaker, 2007).

2. Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian yaitu metode kualitatif dengan mempelajari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya terkait dengan pengembangan framework untuk perancangan *DRP*. Penelitian ini mengembangkan kerangka kerja konseptual dengan melakukan perbandingan standar *BCI Good Practice Guidelines 2013*, *ISO 22301:2012* dan *NIST SP 800-34 Rev.1* yang umum digunakan dalam penyusunan *Disaster Recovery Plan (DRP)* Sebagai bagian dari *Business Continuity Management System (BCMS)*.

2.1. Bahan Penelitian

Tujuan utama dari membangun *Disaster Recovery Plan (DRP)* dalam sebuah organisasi adalah mempertahankan aktifitas keadaan operasional normal aktifitas bisnis dengan meminimalisasi kerusakan dan biaya. Sesuai dengan tujuan dari *contingency plan* yaitu keseluruhan persiapan untuk kejadian yang tidak diinginkan (Whittman dan Mattord 2013). Dalam mengembangkan *contingency plan* ada beberapa standar yang dapat digunakan, untuk penelitian ini ada tiga standar yang sering digunakan yang dijadikan bahan untuk membangun kerangka kerja konseptual untuk pengembangan *DRP* yaitu:

2.1.1. BCI Good Practice Guidelines 2013

British Continuity Institute (BCI) Good Practice Guidelines (GPG) 2013 diterbitkan oleh *British Standards Institution* (Institute 2013). *BCI GPG* ini merupakan panduan implementasi dan penjelasan bagi pihak manapun yang ingin memperdalam pengetahuan tentang prinsip-prinsip *Business Continuity Management (BCM)*. *BCI GPG 2013* ini adalah pengembangan dari *BCI GPG 2010* yang disesuaikan dengan konsep *ISO 22301*. *Business Continuity Institute GPG* (2013) ini terdiri dari 6 Point utama (*Professional Practice*), yaitu:

1. *BCM Policy and Program Management (management practice)*, permulaan dari siklus *BCM* yang menentukan dan mendefinisikan kebijakan organisasi mengenai *Business Continuity (BC)* dan bagaimana kebijakan diimplementasikan, dikontrol dan divalidasi dalam *BCM program*.



2. *Embedding Business Continuity (management practice)*, praktik bagaimana mengintegrasikan BC kedalam aktifitas bisnis sehari-hari dan budaya organisasi secara berkelanjutan;
3. *Analysis (Technical practices)*, praktik yang meninjau (review) dan menilai sebuah organisasi dalam objektivitasnya, fungsinya dan keterkaitannya terhadap lingkungan implementasinya;
4. *Design (Technical practices)*, praktik yang mengidentifikasi dan memilih strategi dan taktik yang tepat untuk menentukan bagaimana keberlanjutan dan penanggulangan bencana
5. *Implementation (Technical practices)*, praktik implementasi BCM sesuai dengan strategi dan taktik yang telah disepakati pada tahap sebelumnya;
6. *Validation (Technical practices)*, praktik mengkonfirmasi program BCM sesuai dengan objektivitas yang ditetapkan dalam kebijakan BC dan BCP organisasi telah sesuai tujuannya.

2.1.2. ISO 22301:2012

The International Organization for Standardization 22301:2012 Societal Security – Business continuity management systems-Requirements dan *The International Organization for Standardization 22313:2012 Societal Security – Business continuity management systems-Guidance* menyediakan panduan persyaratan standar dan petunjuk rekomendasi untuk penerapan BCM yang efektif menurut International Standard Organization (2012). Standar ini terdiri dari syarat-syarat antara lain:

1. *Context of the organization*, kebutuhan untuk pemahaman mengenai organisasi (Isu internal dan eksternal yang berkaitan dan berpengaruh terhadap kemampuan untuk mencapai tujuan *Bussines continuity management system (BCMS)*);
2. *Leadership*, kebutuhan peran *top management* untuk aktif dalam BCMS;
3. *Planning*, kebutuhan perencanaan untuk memperhatikan segala aspek untuk memastikan tujuan sistem BCM tercapai, mencegah atau mengurangi pengaruh yang tidak diinginkan dan peningkatan pencapaian yang berkelanjutan;
4. *Support*, kebutuhan organisasi untuk menyediakan sumberdaya untuk pengembangan, implementasi, pemeliharaan dan peningkatan BCMS;
5. *Operation*, kebutuhan organisasi untuk merencanakan, mengimplementasikan dan mengontrol proses untuk memenuhi persyaratan yang dibutuhkan;
6. *Performance evaluation*, kebutuhan organisasi untuk melakukan pengawasan, pengukuran, analisis, dan evaluasi terhadap BCMS;
7. *Improvement*, kebutuhan organisasi untuk menyesuaikan dan mengembangkan BCMS.

2.1.3 NIST SP 800-34 Rev.1

National Institute of Standards and Technology Special Publication (NIST SP) 800-34 Rev.1 Contingency Planning Guide for Federal Information System memberikan petunjuk, rekomendasi, dan pertimbangan untuk menyusun rencana keberlangsungan SI. Rencana keberlangsungan ini merujuk pada langkah-langkah yang telah dibuat untuk memulihkan layanan SI setelah terjadi gangguan. Pada panduan NIST SP 800-34 Rev.1 (NIST 2010; Swanson et al. 2012) menjelaskan, ada tujuh proses dalam *contingency planning*, yaitu:

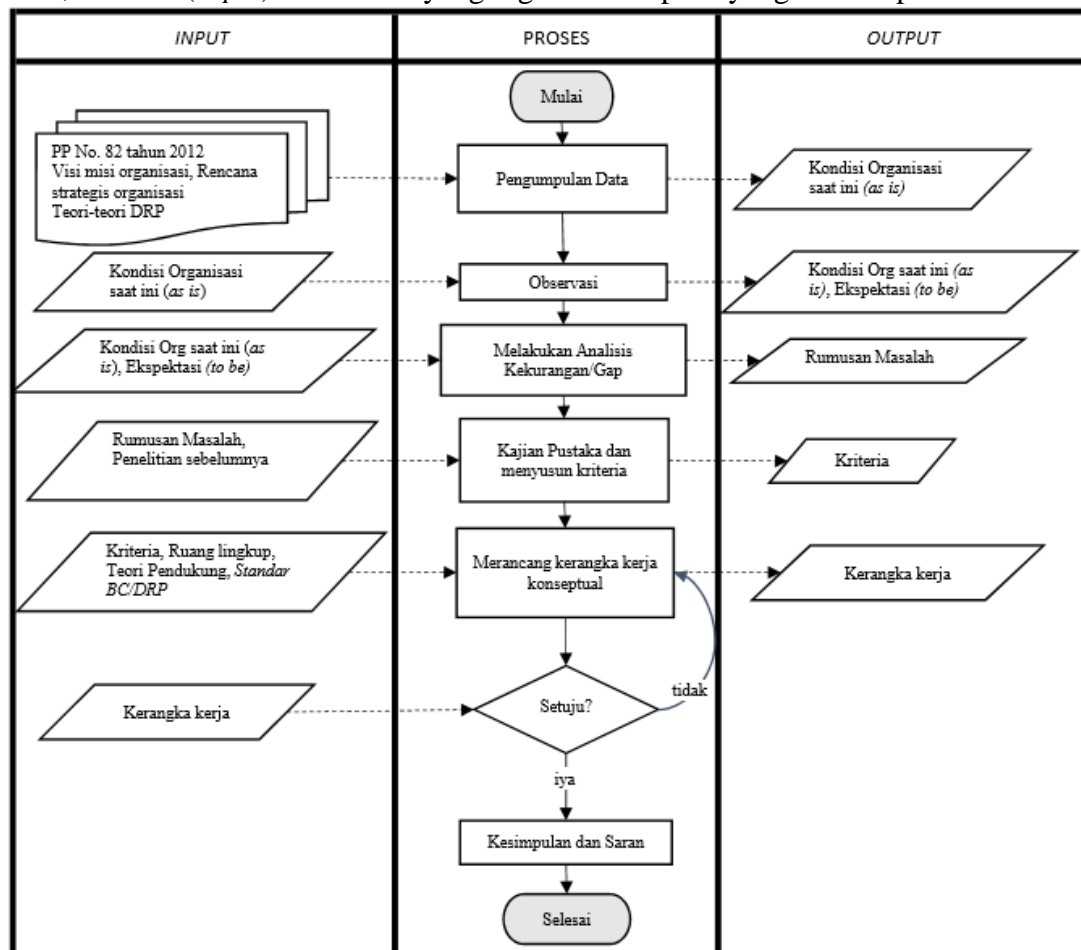
1. *Develop the contingency planning policy*, Pada tahap ini, kebijakan *contingency plan* menyediakan wewenang dan panduan yang diperlukan untuk membangun *contingency plan* yang efektif;
2. *Conduct the business impact analysis (BIA)*, Pada tahap ini, BIA membantu mengidentifikasi dan memprioritaskan Sistem Informasi/Teknologi Informasi dan komponennya yang kritis pada proses bisnis organisasi;



3. *Identify preventive controls*, Pada tahap ini, melakukan tindakan untuk mengurangi efek dari gangguan sistem sehingga bisa meningkatkan ketersediaan sistem dan mengurangi biaya siklus hidup keberlangsungan;
4. *Create contingency strategies*, Pada tahap ini, memastikan bahwa sistem bisa dipulihkan dengan cepat dan efektif setelah terjadi gangguan;
5. *Develop an information system contingency plan*, Pada tahap ini, membuat detil panduan dan prosedur untuk mengembalikan sistem yang rusak akibat gangguan tersebut sesuai dengan level dampak dan persyaratan pemulihannya;
6. *Ensure plan testing, training, and exercises*, Pada tahap ini, pengujian untuk memastikan kemampuan pemulihan dan mengidentifikasi gap yang ada selama proses pengujian dan prosedur yang tertulis. Sedangkan pelatihan untuk mempersiapkan personel untuk menjalankan rencana pemulihannya. Pengujian dan pelatihan ini untuk meningkatkan efektifitas dan persiapan organisasi keseluruhan.

2.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian untuk merancang *disaster recovery plan* (DRP) di salah satu lembaga negara. Alur tahapan penelitian ini terdiri dari masukan (*input*), proses, keluaran (*output*) dan metode yang digunakan seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur penelitian



Tahapan dalam penelitian ini terdiri delapan proses, yaitu:

1. Melakukan pengumpulan data untuk mendapatkan informasi kondisi organisasi saat ini (*as is*) dan pemahaman mengenai organisasi dan teori-teori pendukung penelitian;
2. Melakukan observasi dan wawancara untuk mendapatkan informasi kondisi organisasi yang diharapkan setelah penelitian;
3. Melakukan analisis kekurangan(gap) antara kondisi saat ini dan ekspektasi dari organisasi sehingga menghasilkan rumusan permasalahan;
4. Melakukan Kajian pustaka dari rumusan permasalahan, penelitian sebelumnya yang menghasilkan kriteria dalam penyusunan DRP yang menjadi faktor perbandingan standar kontigensi untuk pengembangan kerangka kerja konseptual;
5. Melakukan perancangan kerangka kerja konseptual dari hasil perbandingan standar dan teori-teori pendukung sebelumnya;
6. Melakukan validasi konsep kerangka kerja konseptual yang telah dikembangkan dengan organisasi lokus penelitian;
7. Membuat kesimpulan dan Saran merupakan tahap akhir dari penelitian ini, yang diambil secara deduktif maupun induktif. Langkah ini menghasilkan simpulan dan saran penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Kerangka kerja konseptual perancangan DRP yang dibuat berdasarkan studi pustaka tentang teori yang berkaitan dengan DRP dan standar perancangan DRP. Standar yang ada secara umum memiliki kemiripan dari faktor yang mempengaruhi dalam penyusunan DRP yang coba disimpulkan dengan kerangka kerja konseptual yang disusun dalam penelitian ini seperti terlihat pada Tabel 1. Berdasarkan studi literatur dari standar yang ada maka terdapat 11 kriteria yang mempengaruhi dalam penyusunan BC/DRP yaitu :

- a. Pemahaman organisasi (ISO), kriteria ini penting karena isu-isu internal dan eksternal organisasi berpengaruh terhadap kemampuan untuk mencapai tujuan *contingency plan*.
- b. Integrasi *Business Continuity (BCI)* kedalam Operasional bisnis sehari-hari (BCI), kriteria ini berpengaruh untuk organisasi yang besar untuk menciptakan budaya organisasi berkelanjutan.
- c. Wewenang dan kebijakan Organisasi (BCI,ISO,NIST), kriteria ini penting karena merupakan permulaan siklus dan menjadi panduan untuk membangun *contingency plan(CP)*.
- d. Peran serta top manajemen (ISO,NIST), kriteria ini penting karena semua program akan berjalan dengan baik jika didukung oleh top manajemen.
- e. Melakukan review/Assesment (BCI,ISO,NIST), Kriteria ini penting untuk membantu mengidentifikasi dan memprioritaskan aspek yang penting/kritikal.
- f. Identifikasi pencegahan ISO,NIST), Kriteria ini penting untuk mencegah atau mengurangi pengaruh yang tidak diinginkan.
- g. Menyediakan sumber daya (ISO,NIST), Kriteria ini penting untuk kebutuhan penyediaan sumber daya yang dibutuhkan untuk pengembangan, implementasi, pemeliharaan dan peningkatan CP.
- h. Memilih strategi dan taktik (BCI,ISO,NIST), Kriteria ini penting karena mengidentifikasi taktik dan strategi untuk memastikan proses pemulihan cepat dan efektif.
- i. Implementasi dari *contingency plan* (BCI,ISO,NIST), Kriteria ini penting karena secara detail membuat panduan dan implementasi strategi dan taktik yang sudah dipilih.



- j. Validasi, evaluasi dan pengembangan (BCI,ISO,NIST), kriteria ini merupakan tahap akhir siklus yang melakukan validasi, testing, evaluasi dan peningkatan CP.

Tabel 1. Perbandingan Standar-Standar Penyusunan BC/DRP

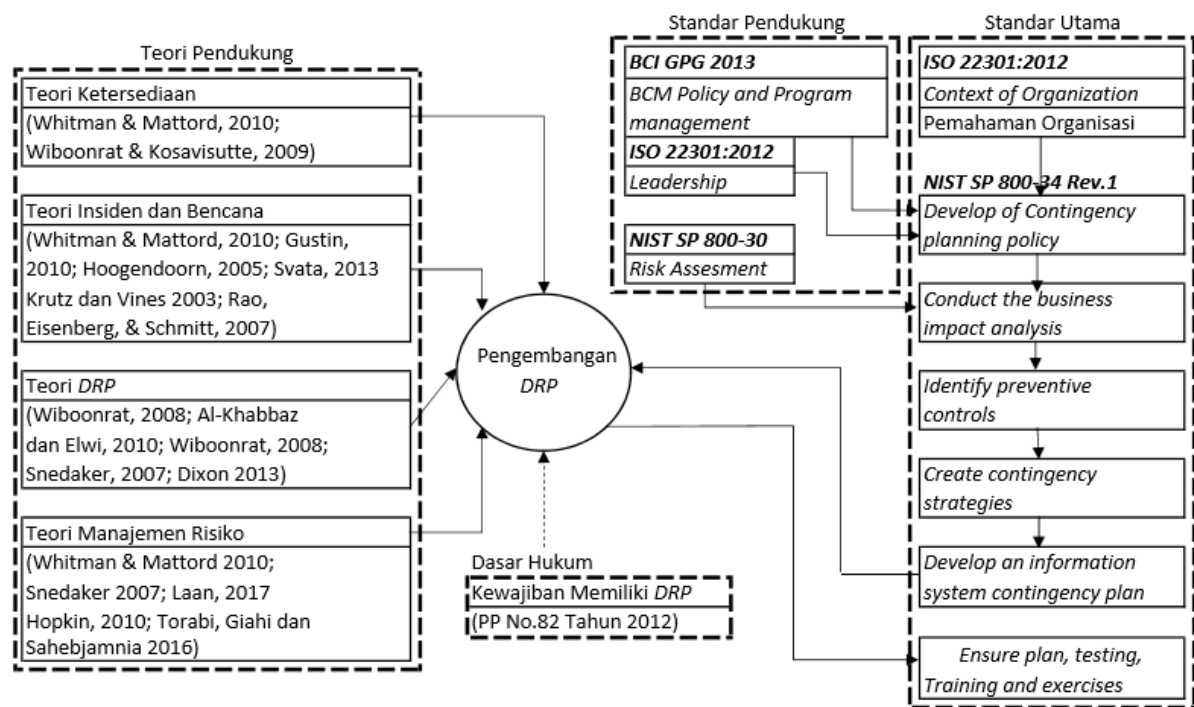
Kriteria	NIST SP 800-34 Rev.1	ISO 22301:2012	BCI GPG 2013
Pemahaman organisasi	-	<i>Context of Organization</i> (Isu internal dan eksternal Organisasi)	<i>BCM Policy and Program Management</i> (Definisi kebijakan organisasi)
Integrasi BC dlm operasional	-	-	<i>Embedding Business Continuity</i> (Budaya organisasi)
Wewenang dan kebijakan Org	<i>Develop Contingency Plan</i> (Panduan membangun CP)	<i>Context of Organization</i> (pemahaman kebijakan organisasi)	<i>BCM Policy and Program Management</i> (identifikasi kebijakan Organisasi)
Peran serta top manajemen	<i>Develop Contingency Plan (top manajemen Dlm kebijakan)</i>	<i>Leadership</i> (peran aktif top manajemen)	-
Melakukan review/assesment	<i>Conduct the BIA</i> (Risk Assessment)	<i>Planning</i> (Meninjau segala aspek yang berpengaruh)	<i>Analysis</i> (menilai Objektivitas dan fungsi)
Identifikasi pencegahan	<i>Identify preventive controls</i> (identifikasi pencegahan)	<i>Planning</i> (Mencegah yang tidak diinginkan)	-
Menyediakan Sumber daya	<i>Conduct the BIA</i> (identifikasi sumber daya)	<i>Support</i> (alokasi sumber daya)	-
Memilih strategi dan taktik	<i>Create Contingency Strategies</i> (Membuat strategi)	<i>Operation</i> (merencanakan Proses yang dibutuhkan)	<i>Design</i> (memilih strategi yang tepat)
Detail Panduan dan prosedur	<i>Develop IS contingency plan</i> (membuat detail panduan)	-	<i>Design</i> (memilih taktik yang tepat)
Implementasi contingency plan	<i>Testing, training, and exercises</i> (Pengujian dan pelatihan)	<i>Operation</i> (Implementasi dan kontrol Proses)	<i>Implementation</i> (praktik Implementasi)
Validasi, evaluasi dan Pengembangan	<i>Testing, training, and exercises</i> (identifikasi gap)	<i>Evaluation & Improvement</i> (Evaluasi dan peningkatan)	<i>Validation</i> (Konfirmasi program)

Hasil perbandingan standar *BCI GPG 2013*, *ISO 22301* dan *NIST SP 800-34 rev 1*. menghasilkan sebuah kerangka kerja konseptual yang mengambil standar yang memenuhi kriteria terbanyak (*NIST SP 800-34 rev 1*.) sebagai acuan utama. Alasan lainnya adalah karena fokus utamanya yaitu pada *DRP* sedangkan yang lain lebih kepada *business continuity management (BCM)* dan dan sesuai dengan tujuan penyusunan awalnya yaitu untuk pemerintahan. Dari hasil validasi dan wawancara ada beberapa point standar lain ditambahkan atau menjadi acuan tambahan terhadap kerangka kerja konseptual dibangun. Penambahan standar *context of organization* dibutuhkan oleh organisasi untuk pengembangan dan penyelarasan *DRP* dengan *BCP* organisasi secara umum sedangkan standar pendukung *BCM*



policy and *program management* (BCI GPG 2013) dan standar *Leadership* (ISO 22301) yang akan memperkuat identifikasi dan definisi kebijakan *contingency plan* untuk pengembangan *DRP* organisasi. Standar *NIST SP 800-30 rev 1* digunakan sebagai alat bantu dalam melakukan *risk assessment*.

Penelitian ini menghasilkan sebuah framework yang terdiri dari 4 komponen utama sebagai penyusunnya seperti terlihat pada Gambar 2. Komponen tersebut terdiri atas : Teori-teori pendukung dalam penyusunan *DRP*, Dasar hukum pengembangan *DRP* yaitu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 2012, standar *NIST SP 800-34 rev 1*. dengan tambahan standar *context of organization* dari *ISO 22301*, dan standar pendukung *BCM policy and program management* (BCI GPG 2013), standar *Leadership* (ISO 22301) dan standar *NIST SP 800-30 rev 1*.



Gambar 2. Kerangka Kerja Konseptual

Dari kerangka kerja konseptual yang dibuat maka langkah-langkah perancangan sesuai dengan kerangka kerja yang disusun, sebagai berikut:

1. Pemahaman organisasi, yaitu pemahaman mendalam mengenai organisasi (struktur, proses bisnis, isu internal dan eksternal);
2. Pengembangan kebijakan rencana kontingensi, yaitu kebijakan *contingency plan* menyediakan wewenang dan panduan yang diperlukan untuk membangun *contingency plan* yang efektif dan peran aktif top manajemen;
3. Penilaian risiko (*risk assessment*), yaitu melakukan Identifikasi ancaman/*threat*, Kerawanan/*vulnerability*, Kontrol Berjalan/*Current Control*, Kemungkinan/*Likelihood*, Dampak/*Impact*(NIST SP 800 30 Rev 1 2012), menentukan nilai risiko berdasarkan *likelihood* dan *impact*(Laan 2017);
4. Analisis dampak bisnis (*business impact analysis*), yaitu menentukan tingkat kekritisitas serta pemulihannya, identifikasi sumber daya, identifikasi pemulihan sumber daya berdasarkan proses bisnis sistem;



5. Identifikasi kontrol pencegahan, yaitu melakukan tindakan untuk mengurangi efek dari gangguan sistem sehingga bisa meningkatkan ketersediaan sistem dan mengurangi biaya siklus keberlangsungan dengan melakukan penilaian pada *Data Center Organisasi*;
6. Pembuatan strategi kontingensi, yaitu memastikan bahwa sistem bisa dipulihkan dengan cepat dan efektif setelah terjadi gangguan. Beberapa strategi yang dapat diterapkan dalam perancangan DRP, yaitu *backup* dan *recovery onsite*, *backup* dan *storage offsite*, *backup* dan *storage via cloud*, peralatan pengganti; dan peran dan tanggung jawab;
7. Pengembangan rencana kontingensi, yaitu memilih strategi dan taktik yang digunakan sesuai kekritisannya, mempersiapkan sumber daya yang dibutuhkan dan mempersiapkan perancangan DRP;
8. Perancangan DRP, yaitu penyusunan Dokumen DRP dengan template yang tersedia di *NIST SP 800-34 Rev.1* yang berisi: Informasi Pendukung, fase aktivasi, fase Pemulihan, fase rekonstitusi dan lampiran;
9. Validasi, pelatihan, ujicoba dan pengembangan, yaitu melakukan proses validasi akhir melibatkan seluruh komponen tim DRP, melakukan pengujian untuk memastikan kemampuan pemulihan dan mengidentifikasi gap yang ada selama proses pengujian dan prosedur yang tertulis. Sedangkan pelatihan untuk mempersiapkan personel untuk menjalankan rencana pemulihannya. Pengujian dan pelatihan ini untuk meningkatkan efektifitas dan persiapan organisasi keseluruhan.

4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini menjawab permasalahan bagaimana menyusun DRP untuk organisasi pemerintahan dengan membuat sebuah kerangka kerja konseptual sebagai langkah awal dalam pengembangan DRP. Kerangka kerja konseptual disusun dari faktor yang mempengaruhi pengembangan DRP dari perbandingan 3 standar penyusun BC/DRP (standar *ISO 22301:2012*, *BCI GPG 2013* dan *NIST SP 800-30 Rev 1.*). Kerangka kerja konseptual yang dihasilkan dari penelitian ini terdiri atas empat komponen utama yaitu:

- a. Dasar Hukum (Peraturan Pemerintah No.82 tahun 2012);
- b. Standar Utama (standar *NIST SP 800-34 Rev 1.* dan *ISO 22301:2012*);
- c. Standar Pendukung (standar *ISO 22301:2012*, *BCI GPG 2013* dan *NIST SP 800-30 Rev 1.*);
- d. Teori-teori pendukung (teori ketersediaan, teori insiden dan bencana, teori DRP, teori manajemen risiko).

Kerangka kerja konseptual yang disusun untuk membangun *DRP* yang efektif dengan menghasilkan 9 langkah untuk penyusunan *DRP* dalam organisasi yaitu: pemahaman organisasi, pengembangan kebijakan rencana kontingensi, penilaian risiko (*risk assessment*), analisis dampak bisnis (*business impact analysis*), identifikasi kontrol pencegahan, Pembuatan strategi kontingensi, pengembangan rencana kontingensi, pengembangan DRP, dan validasi, pelatihan, ujicoba, dan pengembangan.

Penerapan studi kasus dalam sebuah organisasi diperlukan untuk melakukan evaluasi langkah-langkah penyusunan DRP sesuai dengan kerangka kerja konseptual yang disusun. Penelitian selanjutnya adalah bagaimana melakukan *risk assessment* dan *business impact analysis*, dalam sebuah organisasi sesuai dengan kerangka kerja konsep yang telah disusun.



Daftar Pustaka

- Alhazmi, O.H. & Malaiya, Y.K., 2014, Are the classical disaster recovery tiers still applicable today? *Proceedings - IEEE 25th International Symposium on Software Reliability Engineering Workshops, ISSREW 2014*, pp.144–145.
- Dey, M., 2011, Business Continuity Planning (BCP) Methodology., *IEEE GCC Conference and Exhibition (GCC)*, pp.229–232.
- Dixon, H.B. jr, 2013. Information Technology Disaster Recovery Planning for Court Institutions., *American Bar Association: The Judges Journal*, Volume 52(4), pp.36–39.
- Gustin, J.F., 2010. *Disaster & Recovery Planning: A Guide For Facility Managers, 2nd Edition*, The Fairmont Press Inc, Lilburn, Georgia.
- Hoogendoorn, M., Jonker, C.M., Popova, V., & Sharpanskykh, A. (2008), Automated verification of disaster plans in incident management. *Disaster Prevention and Management* Vol. 17 No. 1, 2008. Hal. 16-32.
- Indonesia, Peraturan pemerintah tentang penyelenggaraan sistem dan transaksi elektronik. PP No. 82 Tahun 2012, LN No. 189 Tahun 2012, TLN No. 5348.
- Indonesia, Undang-undang tentang penanggulangan bencana. UU No. 24 Tahun 2007, LN No. 66 Tahun 2007, TLN No. 4723.
- Institute, B.C., 2013, Good Practice Guidelines 2013 Global Edition Edited Highlights A Guide to Global Good Practice in Business Continuity., akses online 4 Mei 2017, URL: <http://www.thebci.org>
- International Standard Organization, 2012, ISO 22301:2012 Societal security -- Business continuity management systems --- Requirements. akses online 4 Mei 2017, URL: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=50038.
- Krutz, R.L. & Vines, R.D., 2003, *The CISSP prep guide: Gold edition*. Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.
- Laan, S., 2017, *IT infrastructure architecture: Infrastructure building blocks and concepts 3rd Edition*, Lulu Press Inc, Morrisville, North Carolina.
- NIST, 2010, NIST SP 800-34 Rev. 1, *Contingency planning* Guide for Federal Information Systems., akses online 1 Mei 2017, URL: <http://csrc.nist.gov/publications>
- NIST SP 800 30 Rev 1, 2012, *Guide for Conducting Risk Assessments.*, akses online 20 September 2017, URL: <http://csrc.nist.gov/publications>.
- Rao, R.R., Eisenberg, J., & Schmitt, T. 2007, *Improving disaster management*. Washington DC: The National Academies Press. akses online 5 Juni 2017, URL: http://download.nap.edu/cart/download.cgi?&record_id=11824.
- Shropshire, J. & Kadlec, C., 2009, DEVELOPING THE IT DISASTER RECOVERY PLANNING CONSTRUCT., *Journal of Information Technology Management*, Vol.XX(4), pp.37–56.
- Snedaker, S. 2007, *Business continuity & disaster recovery for IT professionals*. Syngress Publishing, Inc., Burlington, MA.
- Sumter, G., 2011, BUSINESS CONTINUITY MANAGEMENT FOR PROCESS ORIENTED COMPANIES Embedding Organization as culture., akses online 20 September 2017, URL: <http://www.FHRISS.edu>
- Svata, V., 2013, System View of Business Continuity Management. *Journal of Systems Integration*, Vol. 4(2), pp.19–35.
- Swanson, M., Lynes, D. & Gallup, D., 2012, *Contingency planning* Guide for Federal Information Systems *Contingency planning* Guide for Federal Information Systems. akses online 4 September 2017, URL: <http://csrc.nist.gov/publications>.
- Torabi, S.A., Giahi, R. & Sahebjamnia, N., 2016, An enhanced risk assessment framework for business continuity management systems. *Safety Science*, Vol.89, pp.201–218.



- Whittman, M.E. & Mattord, H.J., 2013, *Management of Information Security Fourth Edition* Fourth Edi., Course Technology Cengage Learning, Stamford, CT.
- Wiboonrat, M. & Kosavisutte, K. (2008), Optimization strategy for disaster recovery. Jurnal IEEE, Management of Innovation and Technology, 2008. ICMIT 2008. 4th IEEE International Conference. pp. 675-680..
- Zawada, B., 2014, The Practical Application of Prolog., Journal of Business Continuity & Emergency Planning, Vol.8(1), pp.83–90.



Integrasi Metode SQC (*Statistical Quality Control*) dan Taguchi dalam Upaya Peningkatan Kualitas Produk Kertas Rokok Di Pt. XYZ

Khawarita Siregar, Syahrul Fauzi Siregar, dan Nurhikmah Alfath

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155

E-mail: khawaritasiregar@yahoo.co.id

Intisari

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan kertas rokok dalam bentuk ream dan bobbin. Permasalahan yang kerap kali muncul adalah cukup tingginya tingkat kecacatan hasil produksi kertas rokok bentuk bobbin. Hal tersebut menyebabkan diperlukannya kegiatan rework yang mengakibatkan perusahaan mengalami ketidakefisienan penggunaan waktu produksi sehingga perlu dilakukan analisis lebih lanjut. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi kecacatan kertas rokok bentuk bobbin dengan menggunakan metode SQC (*Statistical Quality Control*) sehingga dapat diketahui penyebab kecacatan yang paling mempengaruhi kualitas produk dan Metode Taguchi untuk mendapatkan kombinasi level faktor optimum dan memberikan usulan perbaikan kualitas produk. Hasil yang diperoleh dari pendekatan SQC menggunakan seven tools, yaitu jenis kecacatan terbesar adalah permukaan tidak rata dengan faktor penyebab kecacatan yaitu %CaCO₃, kecepatan putar bobbin slitter dan suhu pengeringan. Ketiga faktor penyebab kecacatan tersebut, kemudian di analisis menggunakan pendekatan taguchi dengan mengkombinasikan level faktor yang memiliki pengaruh secara signifikan. Hasil akhir menunjukkan bahwa kombinasi level faktor yang optimal adalah %CaCO₃ pada 30%, kecepatan putar bobbin slitter pada 95rpm dan suhu pengeringan pada 115°C. Jumlah kecacatan produk kertas rokok bobbin mengalami penurunan rata-rata kecacatan dari 336,5788kg/hari menjadi 334,3550/hari sehingga jumlah penurunan sebesar 2,2238kg/hari.

Kata Kunci: Pengendalian Kualitas, *Statistical Quality Control (SQC)*, *Seven Tools*, Metode Taguchi.

1. Pendahuluan

PT. XYZ adalah perusahaan swasta yang bergerak dalam bidang industri pembuatan kertas rokok (*cigarette paper*) dalam bentuk *bobbin* dan *ream*. Produk *bobbin* merupakan kertas rokok dalam bentuk gulungan sedangkan produk *ream* dalam bentuk lembaran kertas. PT. XYZ memiliki daerah pemasaran yang luas seperti pulau Sumatera, Pulau Jawa dan sampai ke luar negeri.

Proses produksi kertas rokok terbagi atas tiga tahapan utama yaitu tahap persiapan, tahap proses pembuatan kertas dan tahap *finishing*. Tahap proses produksi kertas rokok dimulai dari pembuburan, *fouadinier*, *pressing*, *embossing*, pengeringan I, pemberian zat kimia, pengeringan II, penggulungan kertas, pencetakan logo, pemotongan dan pengemasan. Kegiatan proses produksi kertas rokok banyak menghasilkan produk cacat, sehingga menyebabkan sering terjadi *rework* untuk mengolah ulang produk cacat yang masih dapat diolah. Jumlah kecacatan produk kertas rokok bentuk *bobbin* lebih besar dibanding produk kertas rokok bentuk *ream* yaitu dengan persentasi perbandingan 60% dan 40%. Hal tersebut dikarenakan permintaan dari konsumen lebih besar terhadap kertas rokok bentuk *bobbin*.



Kecacatan yang terjadi pada kertas rokok bentuk *bobbin* adalah permukaan tidak rata, *cracked* dan berlipat. Selama periode Januari 2016 sampai Desember 2016, jumlah kecacatan kertas rokok cukup tinggi yaitu memiliki rata-rata 21,57% per bulan sehingga perusahaan perlu melakukan pengendalian kualitas supaya kelak tidak merugikan perusahaan baik secara materi maupun non materi.

Penelitian dilakukan pengendalian kualitas dengan menggunakan metode SQC (*Statistical Quality Control*) dan metode taguchi. Hasil akhir penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab kecacatan yang paling mempengaruhi kualitas dan untuk mendapatkan kombinasi level faktor optimum yang akan memberikan usulan perbaikan kualitas produk.

2. Metodologi

Jenis penelitian adalah penelitian eksperimen, yaitu penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki penyebab terjadinya suatu masalah, kemudian memberikan solusi dengan mengadakan penelitian dimana objek akan dikenakan perlakuan pada satu atau lebih kelompok eksperimen dan membandingkan hasilnya dengan satu atau lebih kelompok kontrol atau kelompok yang tidak dikenakan perlakuan (Sinulingga, 2014). Hasil jenis penelitian ini akan diharapkan dapat meminimisasi kecacatan produk kertas rokok bentuk *bobbin*.

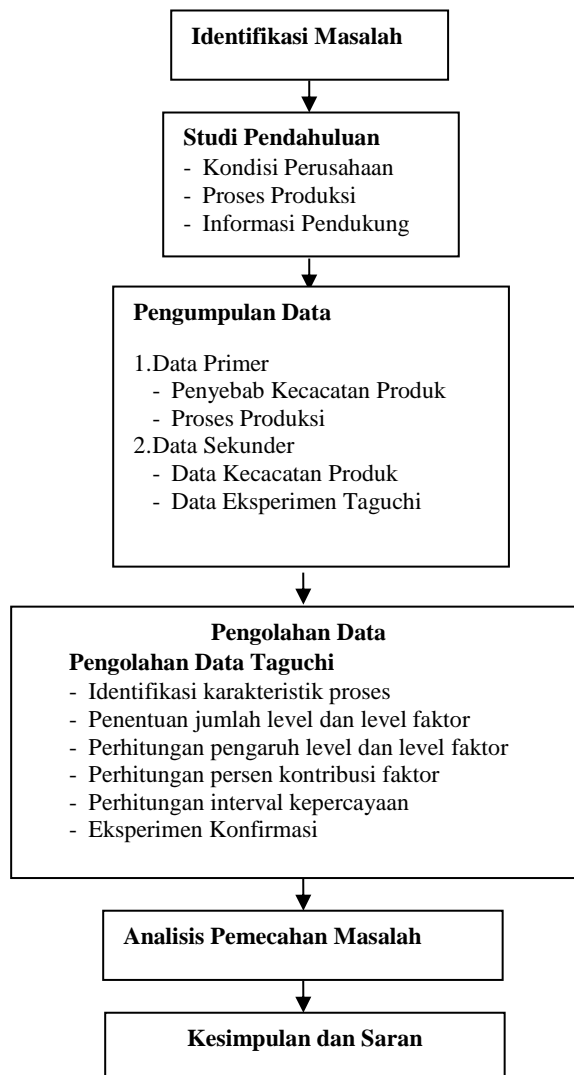
Objek penelitian yang diamati di PT. XYZ adalah kualitas produk kertas rokok dalam bentuk *bobbin* dengan bahan berupa jenis kecacatan produk, jumlah kecacatan produk dan kegiatan pengecekan kualitas.

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah melalui pengamatan langsung dan wawancara dengan pihak perusahaan. Metode pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Penerapan Alat Pengendalian kualitas untuk mengetahui data kertas rokok yang masih dalam batasan kontrol,
2. Identifikasi faktor yang menyebabkan penyimpangan kualitas kertas rokok,
3. Penentuan Jumlah level dan nilai level faktor untuk ketelitian eksperimen
4. Perhitungan jumlah derajat kebebasan, untuk mengetahui berapa jumlah minimum eksperimen yang dilakukan.
5. Pemilihan matriks ortogonal yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan dan nilai level dari tiap-tiap faktor.
6. Pelaksanaan Metode Taguchi

Tahapan penelitian ini dapat digambarkan secara ringkas melalui blok diagram. Blok diagram penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.





Gambar 1. Blok Diagram Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Alat Pengendalian Kualitas

Alat pengendalian kualitas ini menggunakan *statistical quality control* untuk mengetahui data kualitas kertas rokok *bobbin* yang masih dalam batas control. Hasil dari alat pengendalian kualitas adalah sebagai berikut:

1. Stratifikasi

Stratifikasi digunakan untuk mengelompokkan data kecacatan yang terjadi di rantai produksi. Kriteria yang dipilih untuk melakukan stratifikasi adalah kertas rokok *bobbin* yang mengalami cacat dan diperoleh cacat berupa permukaan tidak rata, *cracked* dan berlipat.



2. Lembar Pemeriksaan

Check Sheet atau Lembar Pemeriksaan merupakan alat pengumpul dan analisis data untuk mempermudah proses pengumpulan data sehingga dapat menyajikan data tersebut menjadi lebih komunikatif. Pemeriksaan tersebut dilakukan dengan menyortir kertas rokok *bobbin* yang tidak sesuai standar, dan dengan demikian diperoleh jumlah kertas rokok yang menjadi produk cacat dengan jenis kecacatan tertentu.

3. Histogram

Histogram adalah diagram batang yang memperlihatkan komposisi jumlah produk cacat dari masing-masing jenis kecacatan, sehingga dapat diketahui jumlah produk cacat dengan jenis kecacatan yang paling banyak ialah jenis kecacatan permukaan tidak rata.

4. Diagram Pencar

Diagram ini digunakan untuk mengetahui hubungan jenis kecacatan dan produksi kertas rokok, dimana dari penelitian ini jenis kecacatan yang diamati adalah permukaan tidak rata.

5. Peta Kontrol

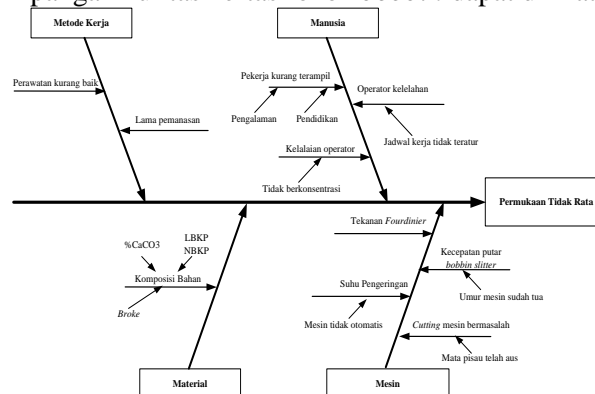
Peta kendali yang digunakan untuk untuk melihat apakah proporsi cacat permukaan tidak rata pada kertas rokok homogen atau tidak. Pada penelitian ini digunakan peta p karena kecacatan yang terjadi pada kertas rokok adalah berupa data atribut. Hasil dari peta kontrol terhadap jenis kecacatan permukaan tidak rata adalah bahwa semua data dianggap *in control*.

6. Diagram Sebab Akibat

Diagram ini digunakan untuk mengetahui penyebab produk cacat kertas rokok secara terperinci. Hasil *cause and effect diagram* untuk kecacatan permukaan tidak rata adalah beberapa faktor penyebab kecacatan seperti faktor metode kerja, manusia, mesin/peralatan dan material. Faktor utamanya adalah (%CaCO₃, kecepatan putar *bobbin slitter* dan suhu pengeringan).

3.2. Identifikasi Faktor Penyebab Penyimpangan Kualitas Kertas rokok

Faktor penyebab penyimpangan kualitas kertas rokok *bobbin* dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 2. Diagram Diagram Sebab-akibat Kecacatan Produk Kertas Rokok Permukaan Tidak Rata

Gambar 2 menunjukkan bahwa penyebab utama kecacatan permukaan tidak rata ialah faktor mesin dan material. Berdasarkan hasil wawan cara dengan PT. XYZ bahwa faktor utamanya adalah %CaCO₃, kecepatan putar *bobbin slitter* dan Suhu pengeringan). Penyebab sekunder inilah yang dijadikan variabel bebas yang memiliki pengaruh terhadap kertas rokok dengan permukaan tidak rata.



3.3. Tahap Perencanaan Eksperimen

Variabel respon pada penelitian ini adalah kecacatan Kertas rokok *bobbin* berdasarkan jenis permukaan tidak rata. Variabel bebasnya adalah :

1. %CaCO₃
2. Kecepatan Putar *Roll Slitter*
3. Suhu Pengeringan

3.3.1. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level

Penentuan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil eksperimen. Makin banyak level yang diteliti maka hasil eksperimen akan lebih diteliti karena data yang diperoleh lebih banyak. Penentuan level ini dilakukan atas pertimbangan:

1. Nilai masing-masing level masih dalam batas *range* yang ditetapkan perusahaan.
2. Titik-titik level yang menunjukkan nilai ekstrim.
3. Level tersebut masih dapat ditangani oleh teknologi proses yang ada.

Penentuan level untuk permukaan tidak rata dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level Permukaan Tidak Rata

Kode	Faktor Kontrol	Level 1	Level 2
A	% CaCO ₃	25%	30%
B	Kecepatan putar <i>bobbin slitter</i> .	95 rpm	130 rpm
C	Suhu pengeringan	70 °C	115°C

3.3.2. Perhitungan Jumlah Derajat Kebebasan

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum penelitian yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati. Perhitungan derajat kebebasan dan kombinasi yang diusulkan nantinya akan mempengaruhi pemilihan dalam tabel mariks orthogonal.

$V = \text{Banyaknya Level} - 1$

Pada penelitian ini, derajat kebebasan untuk setiap jenis kecacatan adalah sama, yakni:

1. Faktor A = 2 level
2. Faktor B = 2 level
3. Faktor C = 2 level

Perhitungan derajat kebebasan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Derajat Kebebasan

Faktor Kontrol	Derajat Bebas (db)	Total
A	2-1	1
B	2-1	1
C	2-1	1
TOTAL		3

3.3.3. Pemilihan Matriks Ortogonal

Dalam memilih matriks orthogonal yang sesuai, diperlukan suatu persamaan dari matriks orthogonal tersebut yang mempresentasikan jumlah faktor, jumlah level dan jumlah pengamatan yang dilakukan. Bentuk umum dari matriks orthogonal adalah $L_a(b^c)$. Matriks orthogonal yang digunakan pada penelitian ini adalah $L_8(2^3)$ (Montgomery, 2009). Susunan matriks orthogonal $L_8(2^3)$ dapat dilihat pada Tabel 3.



Tabel 3. Matriks *Orthogonal Array*

Eksperimen	Kolom/Faktor		
	1	2	3
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	2	1
4	1	2	2
5	2	1	1
6	2	1	2
7	2	2	1
8	2	2	2

3.4. Tahap Pelaksanaan Metode Taguchi

Metode Taguchi digunakan untuk menyelidiki interaksi antara faktor dan level faktor terhadap mutu kertas rokok (Soejanto, 2007). Karakteristik yang digunakan adalah *smaller the better*. Perhitungan eksperimen konfirmasi menggunakan faktor dan level faktor yang telah ditetapkan untuk menghasilkan kondisi optimal dan dilakukan sebanyak 8 kali percobaan dengan menghitung nilai rata-rata kertas rokok yang cacat dan variabilitasnya. Hasil eksperimen Taguchi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Level Optimum Eksperimen Taguchi

Permukaan tidak rata (>1%)			
Faktor	Persen Kontribusi (%)	Level Optimum	Nilai Level Optimum
% CaCO ₃ (A)	31,7005	2	30%
Kecepatan putar <i>bobbin slitter</i> (B)	39,7947	1	95 rpm
Suhu pengeringan (C)	-	3	115°C

3.5. Tahap Analisa

3.5.1. Pengaruh Level dari faktor Terhadap Kecacatan Kertas Rokok *Bobbin*

Berdasarkan perhitungan ANOVA yang telah dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95%, faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap rata – rata kecacatan kertas rokok *bobbin* adalah %CaCO₃ (A), kecepatan putar (B).

Pemilihan level mengacu tertuju pada nilai tertentu berdasarkan nilai rata – rata respon paling mendekati yaitu %CaCO₃ 30% dan Kecepatan Putar 95rpm.

3.5.2. Eksperimen Konfirmasi

Dilakukan percobaan konfirmasi dengan data sebagai berikut : %CaCO₃ 30% (A) pada level 2 yaitu 30%, Kecepatan Putar (B) pada level 1 yaitu 95rpm dan Suhu Pengeringan pada Level 2 yaitu 115°C

Hasil interpretasi untuk perhitungan jumlah kertas rokok *bobbin* yang cacat dapat dilihat pada Tabel 5.



Tabel 5. Hasil Interpretasi Perhitungan Jumlah Cacat Kertas Rokok *Bobbin*

Respon (Nilai <i>Bobbin</i>)		Prediksi	Optimasi
Eksperimen Taguchi	Rata-rata (μ)	336,5788	$335,4270 \pm 337,7306$
	Variabilitas (SNR)	-50,5485	$-505772 \pm -50,5198$
Eksperimen Konfirmasi	Rata-rata (μ)	334,3550	$333,9908 \pm 334,7192$
	Variabilitas (SNR)	-494,7423	$-494,7241 \pm -494,7241$

Hasil percobaan dari tabel diatas dapat dilihat bahwa dengan metode Taguchi ke eksperimen konfirmasi mengalami penurunan pada nilai rata-rata (μ) kertas rokok yang cacat dan penurunan variasi kecacatan yang terjadi dibandingkan dengan nilai rata-rata kecacatan kertas rokok per hari, dimana untuk kecacatan jenis permukaan tidak rata mengalami cacat per hari sebesar 2,2238kg/hari. Sehingga terbukti faktor-faktor tersebut merupakan faktor yang optimal untuk perbaikan kualitas kertas rokok *bobbin*.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kualitas produk kertas rokok *bobbin* adalah jenis permukaan tidak rata dengan faktor penyebab yaitu %CaCO₃, kecepatan putar *bobbin slitter* dan suhu pengeringan.
2. Kombinasi level faktor optimal yang berpengaruh signifikan diperoleh dengan desain eksperimen *taguchi* sebagai dasar peningkatan kualitas produk kertas rokok *bobbin* adalah %CaCO₃ 30%, kecepatan putar *roll slitter* 95 rpm dan suhu pengeringan 115°C .
3. Faktor yang sangat berpengaruh terhadap kualitas produk kertas rokok adalah kecepatan putar *roll slitter* yaitu dengan memberikan kontribusi terbesar yaitu 39,7497%,. Untuk itu sangat perlu diperhatikan melakukan pengawasan yang ketat pada *output* kualitas *bobbin* pada mesin tersebut, serta melakukan pemeriksaan dan perawatan secara berkala kepada mesin tersebut untuk menghasilkan penggulungan *bobbin* yang lebih baik lagi.

4.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini yaitu:

1. Perusahaan dapat segera melakukan perbaikan proses produksi terhadap kecacatan yang terjadi dengan menerapkan parameter usulan yang didapatkan dari analisa metode taguchi yang telah dilakukan.
2. Perusahaan melakukan perbaikan terhadap lingkungan kerja dari operator dan memberikan alat pelindung diri kepada operator pada saat bekerja.
3. Dapat dilanjutkan penelitian dengan menggabungkan metode lain dengan metode taguchi seperti Kano serta menggunakan *software* dalam melakukan analisa data sehingga penelitian dapat dilakukan dengan lebih cepat dan berkembang cakupan.

Daftar Pustaka

- Montgomery, C. Douglas. 2009. *Introduction to Statistical Quality Control, Sixth Edition*. USA: John Wily & Sons, Inc
- Sinulingga, Sukaria. 2014. *Metode Penelitian*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Soejanto, Irwan. 2007. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.



Rancangan *Framework* Karyawan Konstruksi Indonesia dalam Kajian *Burnout* dan *Engagement* Terkait Gender

Maria Puspitasari¹, Budi Hartono²

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika 2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telp. 0274 513665
E-mail: maria.puspitasari.16@mail.ugm.ac.id

Intisari

Konstruksi merupakan jenis proyek yang kompetitif, penuh tekanan, selalu berubah, dan menantang. Proyek konstruksi penting dalam mendukung berkembangnya perekonomian suatu negara karena berkontribusi pada proses pembangunan. Sifat proyek yang unik dan penuh tekanan menyebabkan stres pekerja. Stres menjadi kontributor utama ketidakhadiran, rendahnya semangat kerja karyawan, tingkat kecelakaan yang tinggi, penurunan produktivitas dan kenaikan biaya pengobatan perusahaan. Penelitian sebelumnya menunjukkan adanya hubungan burnout dan engagement, peningkatan sumber daya (JR), penurunan tuntutan kerja (JD), peningkatan kepuasan kerja (Jsat) dan komitmen organisasi (OC) terhadap manajer proyek di Indonesia. Burnout terindikasi lebih tinggi pada pekerja wanita dibanding pria, sedangkan hanya satu komponen work engagement yaitu vigor yang lebih tinggi pada pekerja wanita dibanding pria. Maka, disusun rancangan framework yang mengkaitkan burnout dan engagement dengan gender khususnya pada proyek konstruksi.

Kata Kunci: burnout, engagement, pria dan wanita, proyek konstruksi

1. Pendahuluan

Konstruksi merupakan jenis proyek yang kompetitif, penuh tekanan, selalu berubah, dan menantang (Leung, 2011). Badan Pusat Statistik (BPS) menyatakan sektor konstruksi Indonesia pada tahun 2016 menempati posisi ketiga sumber pertumbuhan ekonomi setelah sektor industri pengolahan dan perdagangan. Kontribusi yang diberikan oleh sektor konstruksi sebesar 0.51%. Ekonomi yang produktif tercapai apabila didukung ketersediaan infrastruktur yang memadai. Infrastruktur sebagai kunci bagi pertumbuhan ekonomi termasuk pemerataan pembangunan.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) sepanjang tahun 2016 tercatat telah membangun infrastruktur dalam rangka mendukung program prioritas pemerintah nasional yakni ketahanan air dan pangan, konektivitas antar daerah, serta penyediaan perumahan dan pemukiman. Pelaksanaan pembangunan infrastruktur pada tahun 2017 menjadi salah satu tumpuan dalam mencapai target pertumbuhan perekonomian negara sebesar 5,2% – 5,4% dan program pemerataan kesejahteraan nasional. World Bank menyatakan ekonomi Indonesia pada tahun 2016 tumbuh sebesar 5,02% dibandingkan tahun 2015 yaitu sebesar 4,88%.

Data Penyusunan Outlook Pembangunan dan Indeks Daya Saing Infrastruktur Kementerian PUPR (2015) mendeskripsikan bahwa posisi daya saing infrastruktur negara Indonesia terhadap negara – negara di Asia berada pada peringkat 84 pada tahun 2009 dan mengalami kenaikan menjadi peringkat 56 pada tahun 2014. Sedangkan posisi indeks daya saing Indonesia berada pada posisi ke -5 dalam area ASEAN dan China.



Selain karena sifatnya yang temporer, kegiatan proyek yang unik dan penuh tekanan juga menyebabkan stres pekerja, Sullivan and Bhagat (1992) dalam penelitiannya mengenai hubungan antara stres kerja (yang diukur dengan *role ambiguity*, *role conflict* dan *role overload*) dan kinerja (*productivity*) mendeskripsikan stres kerja atau *role ambiguity* sebagai peran karyawan yang tidak maksimal yang menimbulkan konflik, mengganggu kesehatan, baik fisik maupun emosional, sehingga menurunkan produktivitasnya.

Kondisi kerja (*work condition*) dan keselamatan kerja (*safety work*) yang baik merupakan syarat untuk mencapai iklim kerja yang mendukung bagi para pekerja terutama dalam proyek konstruksi. Hal ini perlu mendapatkan perhatian karena lokasi proyek konstruksi merupakan salah satu lingkungan kerja yang mengandung resiko cukup besar (Ervianto, 2005). Seseorang yang mengalami gejala kelelahan emosional, depersonalisasi, dan berkurangnya prestasi diri, dapat dikatakan dalam kondisi *burnout* (Maslach, 1982).

Purvanova (2010) menyatakan bahwa dalam konteks *burnout*, wanita cenderung lebih merasakan kelelahan secara emosional daripada pria, namun pria cenderung lebih depersonalisasi dibanding wanita. Depersonalisasi didefinisikan sebagai perasaan kehilangan / perubahan secara temporer terkait realitas diri sendiri dan merasakan terpisah dari diri sendiri dan lingkungannya, merasa seperti sedang bermimpi atau bertingkah laku seperti robot (Guralnik et al 2000 dan Maldona et al 1998). Sedangkan Fong (2011) menyatakan bahwa vigor sebagai komponen *work engagement* secara signifikan lebih tinggi pada pekerja wanita daripada pria. *Cynicism* dari *burnout* terindikasi lebih tinggi levelnya pada wanita dan dengan skor SOC yang rendah. Konsumsi energi wanita lebih tinggi dibandingkan pria, dengan demikian wanita lebih cepat merasakan kelelahan dibandingkan pria (Ward, 2008). Jenis kelamin merupakan faktor internal selain usia, harga diri dan karakteristik kepribadian yang mempengaruhi munculnya *burnout* (Sihotang, 2004).

Maslach (2011) mengungkapkan bahwa pencegahan *burnout* dapat dilakukan dengan fokus pada keterlibatan dan utilisasi pada penilaian organisasi sebagai alat pendeteksi dini. Selain itu dapat juga dilakukan *work engagement* pekerja sebagai langkah pencegahan *burnout* (Schaufeli et al, 2009).

Merujuk pada data tersebut, maka masalah *burnout* dan *work engagement* kaitannya dengan gender tidak bisa diabaikan. Terlebih khususnya pada karyawan proyek konstruksi sebagai elemen penting dalam manajemen proyek di Indonesia. Oleh sebab itu penelitian ini akan mengkaji tingkat *burnout* dan *engagement* para pekerja proyek konstruksi pria dan wanita di Indonesia.

2. Metodologi

Perumusan masalah dilakukan untuk mendefinisikan masalah yang akan dipecahkan dalam penelitian. Langkah selanjutnya menetapkan tujuan yang ingin dicapai. *Literature review* dilakukan untuk mendapatkan referensi – referensi yang mendukung penelitian ini. *Literature review* didapatkan melalui buku teks, internet, jurnal – jurnal ilmiah serta penelitian – penelitian sebelumnya / terdahulu.

Subyek dalam penelitian ini adalah seluruh karyawan pria dan wanita yang terlibat langsung dalam proyek konstruksi. Penelitian ini disusun untuk membangun *framework* mengenai tingkat *burnout* dan *engagement* karyawan konstruksi di Indonesia kaitannya dengan gender.

Unit analisis yang ditargetkan dalam penelitian ini adalah proyek – proyek konstruksi yang sudah maupun sedang dalam proses.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Santoso (2017) mengidentifikasi *burnout* dan *engagement* terkhusus pada posisi manajer proyek (proyek secara umum) mengungkapkan



bahwa faktor pengaruhnya diawali dengan peningkatan sumber daya (*Job Resources*) akan berpengaruh terhadap penurunan tuntutan kerja (*Job Demand*), penurunan *Job Demand* akan menyebabkan penurunan *burnout*, akibatnya kepuasan kerja (*Job Satisfaction*) dan komitmen organisasi (*Organizational Commitment*) akan mengalami peningkatan.

Persepsi karyawan berkorelasi negatif terhadap lingkungan kerja psikologis dan *burnout*. Terdapat perbedaan level *burnout* antara karyawan laki – laki dan perempuan. Karyawan perempuan mengalami *burnout* lebih tinggi dibandingkan karyawan laki – laki (Sihotang, 2004). Persepsi terhadap lingkungan kerja, psikologis dan jenis kelamin sebagai *independent variable* dan *burnout* sebagai *dependent variable*.

H1 : *Job resources* berpengaruh terhadap *Job demand*.

H2 : *Job demand* berpengaruh terhadap *burnout/engagement*

H3 : *Job resources* berpengaruh terhadap *burnout/engagement*

H4 : *Burnout/engagement* berpengaruh terhadap komitmen organisasi.

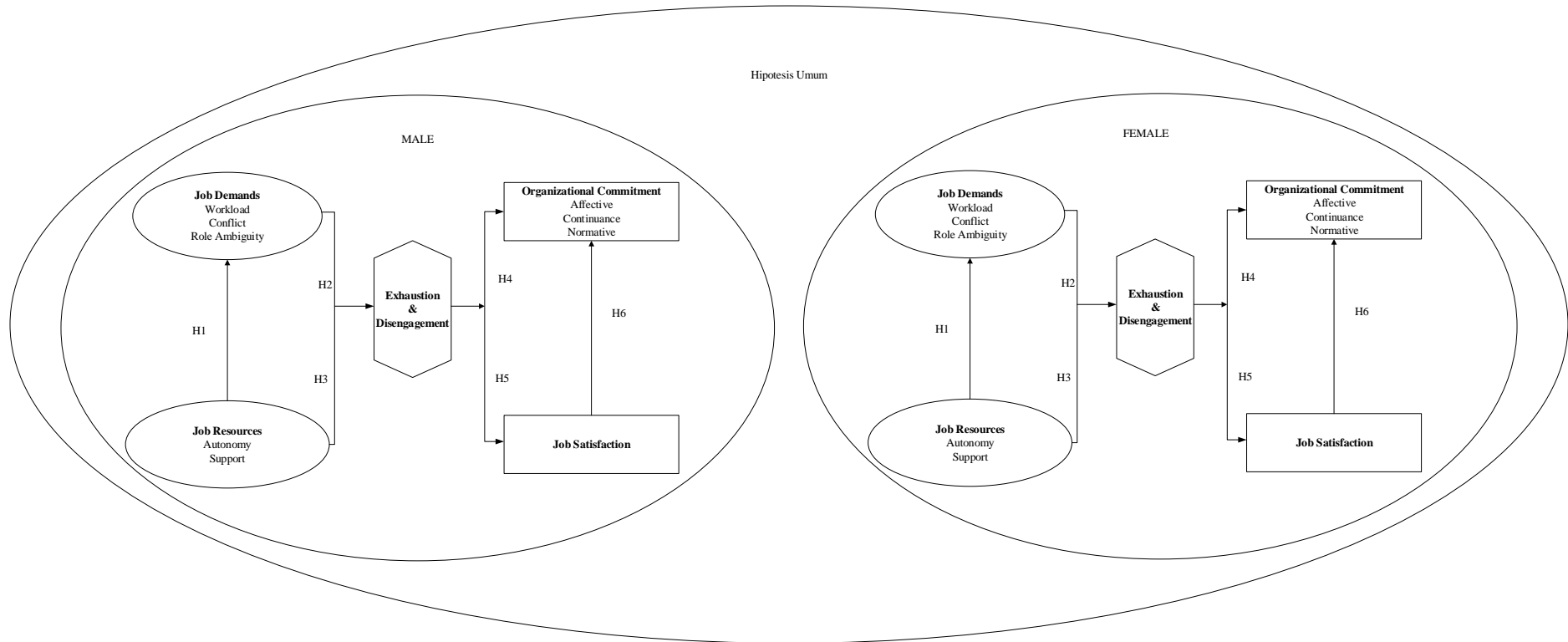
H5 : *Burnout/engagement* berpengaruh terhadap kepuasan kerja

H6 : Kepuasan kerja berpengaruh terhadap komitmen organisasi

Hipotesis umum : Karakteristik gender berpengaruh terhadap tingkat *burnout/engagement*



Dalam penelitian ini dilakukan penyusunan model, seperti dilihat dibawah ini :



4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan *literature review*, *burnout* dan *engagement* tidak dapat dipisahkan. Kaitannya dengan gender, *burnout* dan *engagement* pada karyawan proyek konstruksi tidak bisa diabaikan. Maka, disusun kerangka berpikir yang mencakup *burnout* dan *engagement* karyawan konstruksi kaitannya dengan gender.

Paper ini terbatas pada penyusunan kerangka berpikir sehingga untuk selanjutnya perlu dilakukan penelitian lanjutan menguji *framework* sebagai model teoritis. Selanjutnya melakukan identifikasi kesesuaian dimensi – dimensi dengan masing – masing *variable*.

Penyusunan *framework* ini diharapkan memberi dampak positif bagi sektor konstruksi nasional dengan adanya pemahaman yang lebih mendalam tentang fenomena *burnout* dan *work engagement* di sektor konstruksi dan faktor pendukung yang berkontribusi dalam lingkungan kerja serta merancang organisasi yang efektif dengan mempertimbangkan dampak *burnout* dan *work engagement* terkait gender.

Daftar Pustaka

- Bezuidenhout, A., & Cilliers, F.V.N., 2010, Burnout, work engagement and sense of coherence in female academics in higher-education institutions in South Africa, *SA Journal of Industrial Psychology*, DOI: 10.4102/sajip.v36i1.872
- Erviyanto, W. I. 2005. Manajemen Proyek Konstruksi. Andi, Yogyakarta
- Fong, C.T, and Ng, S.M., 2011, Measuring Engagement at Work: Validation of the Chinese Version of the Utrecht Work Engagement Scale, DOI 10.1007/s12529-011-9173-6.
- Guralnik, O., Schmeidler, J., & Simeon, D. (2000). Feeling unreal: Cognitive processes in depersonalization. *American Journal of Psychiatry*, 157(1), 103-109.
- KemenPUPR, 2015, Penyusunan Outlook Pembangunan dan Indeks Daya Saing Infrastruktur Kementerian PUPR. http://bpiw.pu.go.id/product/download_attachments?file=Dokumen%20Ringkasan%20Rencana%20Outlook%20Infrastruktur%20PUPR.pdf. (online accessed: 15 Mei 2017)
- Kompas, 2017, Sektor Konstruksi Penyumbang Ketiga Pertumbuhan Ekonomi Nasional. <http://properti.kompas.com/read/2017/02/10/220000321/sektor.konstruksi.penyumbang.ketiga.pertumbuhan.ekonomi.nasional> (online accessed: 02 Mei 2017)
- Leung, M.-Y., Chan, Y.S. dan Dongyu, C., 2011, Structural linear relationships between job stress, burnout, physiological stress, and performance of construction project managers, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 18 (3), 312-328.
- Maldonado J, Butler L, dan Spiegel D. (1998). *Treatment for Dissociative Disorder*. New York: Oxford University
- Maslach, C. and Jackson, S.E., 1982, After-effects of job-related stress : families as victims, *Journal of Occupational Behaviour*, Vol.3, 63-77.
- Maslach, C., 2011, Burnout and engagement in the workplace: new perspectives, *The European Health Psychologist*, www.ehps.net/ehp. [Online Accessed 11 Juni 2017]
- Purvanova, R.K., dan Muros, J.P., 2010, Gender differences in burnout: A metaanalysis, *Journal of Vocational Behavior*, 77, 168–185.
- Santoso, P.N., 2017, Manajer Proyek Indonesia dalam Perspektif Burnout dan Engagement, Tesis Universitas Gadjah Mada yang tidak dipublikasikan.
- Schaufeli, W. B., Bakker, A. B., dan Rhenen, W, V., 2009. How changes in job demands and resources predict burnout, work engagement, and sickness absenteeism, *Journal of Organizational Behavior*, DOI: 10.1002/job.595.
- Sihotang, N.I, 2004, Burnout pada Karyawan Ditinjau dari Persepsi Terhadap Lingkungan Kerja Psikologis dan Jenis Kelamin, (1):1-9



- Sullivan S.E. and Bhagat R.S., 1992, Organizational Stress, Job Satisfaction and Job Performance: Where Do We Go From Here?, Journal of Management, DOI: 10.1177/014920639201800207.
- Ward, J.P.T., Ward, J. Leach, R.M. and Wiener, C.M. 2008, At a Glance Sistem Respirasi, Edisi Kedua, Erlangga Medical Series, Jakarta.
- Worldbank, 2017, Laporan Triwulanan Perekonomian Indonesia Maret 2017: Melanjutkan Perbaikan.
<http://www.worldbank.org/in/country/indonesia/publication/indonesia-economic-quarterly-march-2017> (online accessed: 17 Mei 2017)



Analisis Pemilihan Produk Batik Tulis Terbaik Menggunakan *Analytical Hierarchy Process (AHP)*

Muhammad Armihadi Nugraha, Andi Sudiarso

Program Studi Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik,
Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2, Yogyakarta 5528
Telp. (0274) - 521673
E-mail: armihadinugraha@gmail.com

Intisari

Batik sebagai salah satu mahakarya seni yang diakui sebagai warisan budaya Indonesia oleh dunia. Pengakuan secara resmi melalui organisasi UNESCO pada tahun 2009 bahwa batik ditetapkan sebagai Warisan Kemanusiaan untuk Budaya Lisan dan Nonbendawi. Hal tersebut berdampak pada peningkatan permintaan produk batik dan jumlah industri batik yang terus berkembang. Tak dapat dipungkiri bahwa persaingan antara sesama industri batik semakin ketat. Salah satu cara untuk memenangkan persaingan ini dapat dilakukan dengan meningkatkan kualitas dari produk. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kriteria produk batik tulis untuk meningkatkan kualitas batik tulis dan pemilihan alternatif batik tulis yang terbaik. Metode yang digunakan adalah Analytical Hierarchy Process (AHP) sebagai salah satu metode untuk menyelesaikan masalah kompleks (multi-criteria) yang bersifat kualitatif dan mampu menggabungkan faktor kualitatif dan faktor kuantitatif untuk memberikan keputusan yang tepat dan terukur. Ada lima kriteria yang digunakan dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada level kriteria pertama yaitu warna dengan bobot 0,20, kriteria kedua yaitu bahan dengan bobot 0,39, kriteria ketiga yaitu motif dengan bobot 0,27, kriteria keempat yaitu harga dengan bobot 0,07, dan kriteria kelima yaitu merk dengan bobot 0,06. Pada level kriteria pertama yaitu warna terdapat dua sub-kriteria yaitu alami dengan bobot 0,85 dan sintesis dengan bobot 0,15. Pada level kriteria yang kedua yaitu bahan terdapat empat sub-kriteria yaitu katun dengan bobot 0,21, sutra dengan bobot 0,28, mori dengan bobot 0,41, dan paris dengan bobot 0,10. Pada level kriteria ketiga yaitu motif terdapat dua sub-kriteria yaitu klasik dengan bobot 0,85 dan kontemporer dengan bobot 0,15. Dan level alternatif terdapat empat yaitu, Batik 1 dengan bobot 0,269, Batik 2 dengan bobot 0,231, Batik 3 dengan bobot 0,351, dan Batik 4 dengan bobot 0,150.

Kata Kunci: Analytical Hierarchy Process (AHP), Batik Tulis, Kriteria

1. Pendahuluan

Batik sebagai salah satu mahakarya seni yang diakui sebagai warisan budaya Indonesia oleh dunia. Pengakuan secara resmi melalui organisasi UNESCO pada tahun 2009 bahwa batik ditetapkan sebagai Warisan Kemanusiaan untuk Budaya Lisan dan Nonbendawi. Diikuti pada tahun 2014, Jogja ditetapkan sebagai Kota Batik Dunia (*World Batik City*) oleh *World Craft Council* (Mahmud, 2014). Pengakuan tersebut turut mendorong popularitas batik sehingga masyarakat menyadari untuk merasa memiliki batik.

Hal tersebut berdampak pada peningkatan permintaan produk batik dan jumlah industri batik yang terus berkembang. Jumlah pengrajin batik di Indonesia saat ini mencapai 20% dari total



IKM tekstil nasional atau sekitar 136.000 usaha (Kemenperin, 2016). Untuk meningkatkan usaha batik ini, pemerintah menargetkan pertumbuhan IKM batik di Indonesia sebesar 8%. Berdasarkan pengolahan data yang didapat dari Disperindagkop (2015), saat ini peningkatan jumlah IKM batik di Daerah Istimewa Yogyakarta adalah sebesar 12,5% dimulai sejak 2010 hingga 2015 dan sebesar 12,6% peningkatan IKM batik tulis dimulai sejak 2012 hingga 2015 di Kabupaten Kulon Progo. Penjualan yang dilakukan oleh UKM batik di Indonesia juga terbilang tinggi dilihat dari keseluruhan industri batik ini, nilai ekspor batik di tahun 2013 mencapai 10% dari total ekspor tekstil (Kemendag, 2014). Hal ini disebabkan karena peminat batik di mancanegara juga tinggi. Peminat batik dari mancanegara yang meningkat tercermin dari nilai ekspor batik yang naik 14,7% dari tahun 2011 senilai Rp 43,96 triliun menjadi Rp 50,44 triliun pada 2015 (Pujiastuti, 2015).

Dengan meningkatnya permintaan batik yang terjadi, tak dapat dipungkiri bahwa persaingan antara sesama industri batik semakin ketat. Pada saat ini, produsen belum memiliki standar kualitas yang baku pada produksi batiknya. Pengrajin batik biasanya melihat kualitas pada bahan baku yang digunakan, seperti kain yang digunakan, lilin/ malam, pewarna dan sebagainya. Namun sedikit sekali pengrajin yang melihat dari proses dan hasil akhir produknya. Sehingga para produsen hanya akan melakukan pengecekan kualitas pada awal saja, yaitu saat datangnya bahan baku. Kebanyakan produsen hanya mencari bahan baku, seperti kain, lilin/ malam, pewarna dengan harga terjangkau atau di bawah rata-rata, namun tidak memperhatikan kualitas produk. Sehingga tidak ada standar kualitas pada produknya.

Salah satu cara untuk memenangkan persaingan ini dapat dilakukan dengan meningkatkan kualitas dari produk. Kualitas dari suatu produk dapat diartikan sebagai kemampuan dari produk untuk memberikan kepuasan tertentu bagi konsumennya dari keseluruhan produk baik dari ciri maupun sifat yang dimiliki oleh produk tersebut. Konsumen menyatakan hal-hal yang menurut mereka merupakan penilaian untuk menilai batik tulis berkualitas. Berdasarkan suara konsumen tersebut, produsen dapat menilai produknya dan melihat celah yang perlu ditingkatkan untuk meningkatkan kualitas batik tulis. Penelitian ini mengusulkan kriteria-kriteria pemilihan produk batik tulis terbaik dengan metode AHP yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam memilih produk batik tulis.

2. Metodologi

Analytical Hierarchy Process (AHP) adalah suatu model yang memberikan kesempatan bagi perorangan atau kelompok untuk membangun gagasan-gagasan yang mendefinisikan persoalan dengan cara membuat asumsi mereka masing-masing dan memperoleh pemecahan yang diinginkan darinya (Saaty, 1993). AHP pertama kali diperkenalkan oleh Thomas Saaty pada sekitar tahun 1970an. Metode AHP biasa digunakan untuk mendekati suatu permasalahan yang kompleks yang menggunakan persepsi manusia sebagai *input*, sehingga sesuai untuk mengolah data baik yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif.

AHP adalah prosedur yang berbasis matematis yang menyatakan data kuantitatif maupun kualitatif ke dalam bentuk kuantitatif dengan cara melakukan perbandingan berpasangan (Saaty, 1993). Kelebihan metode ini adalah karena adanya struktur yang berhirarki sebagai konsekuensi dari kriteria dan sub-kriteria yang dipilih, serta memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi dari berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh para pengambil keputusan. Jadi model ini merupakan suatu pengambilan keputusan yang komprehensif.

Langkah-langkah dalam metode AHP meliputi:

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan penyelesaian yang diinginkan.
2. Membuat struktur hierarki dalam *level* yang berbeda, yaitu: puncak hierarki (*goal*), kriteria dan sub-kriteria dimana saling berurutan (*level intermediate*), dan *level* terendah (alternatif-alternatif).



3. Membuat matriks perbandingan berpasangan. Perbandingan dilakukan berdasarkan *judgment* dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen terhadap elemen lainnya.
4. Melakukan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh *judgment* seluruhnya sebanyak $n \times [(n-1)/2]$ buah, dengan n adalah banyaknya elemen yang dibandingkan.
5. Menghitung nilai *eigen* dan menguji konsistensinya, jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi.
6. Mengulangi langkah 3, 4, dan 5 untuk seluruh tingkat hierarki.
7. Menghitung *eigen vector* dari setiap matrik perbandingan berpasangan; nilai *eigen vector* merupakan bobot setiap elemen, langkah ini untuk mensintesis *judgment* dalam penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hierarki terendah sampai pencapaian tujuan.
8. Memeriksa konsistensi hierarki. Jika nilainya lebih dari 10% maka penilaian data *judgment* harus diperbaiki.

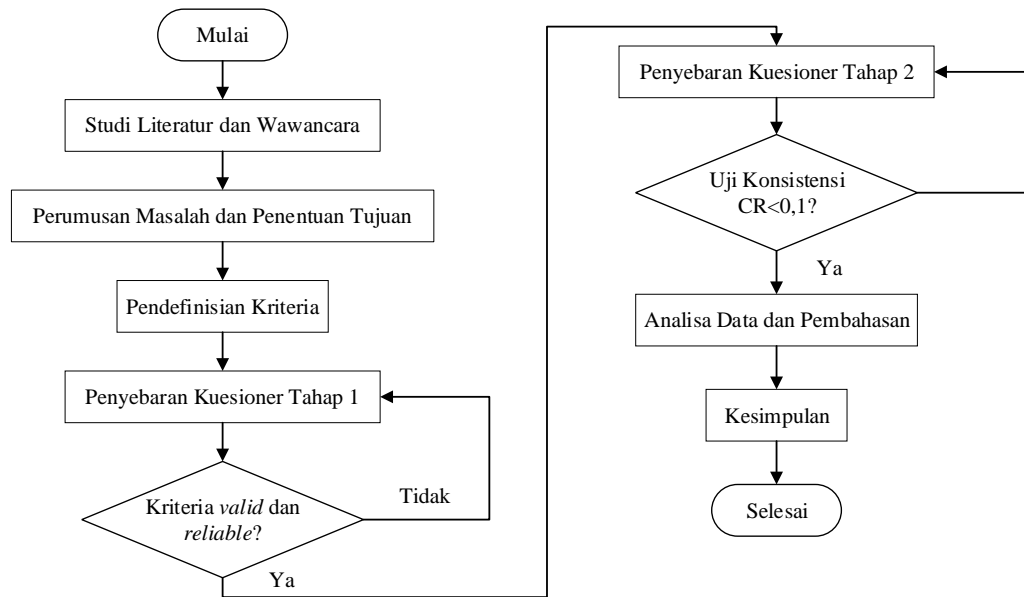
Untuk memperoleh bobot dari tiap-tiap kriteria, AHP menggunakan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) dengan skala 1 sampai 9. Skala penilaian perbandingan pasangan ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan (Saaty, 1993)

Nilai Numerik	Definisi
1	Bobot kepentingan elemen keputusan yang satu dinilai sama penting dibandingkan elemen keputusan yang lain.
3	Bobot kepentingan elemen keputusan yang satu dinilai sedikit lebih penting dibandingkan elemen keputusan yang lain.
5	Bobot kepentingan elemen keputusan yang satu dinilai cukup penting dibandingkan elemen keputusan yang lain
7	Bobot kepentingan elemen keputusan yang satu dinilai sangat penting dibandingkan elemen keputusan yang lain.
9	Bobot kepentingan elemen keputusan yang satu dinilai mutlak (sangat lebih penting sekali) dibandingkan elemen keputusan yang lain.
2, 4, 6, 8	Nilai tengah. Diberikan bila terdapat keraguan penilaian antara dua penilaian yang berdekatan.

Nilai-nilai perbandingan kriteria kemudian diolah untuk menentukan peringkat kriteria dari seluruh kriteria yang digunakan. Nilai-nilai perbandingan berpasangan yang dilakukan harus diperiksa konsistensinya, misalnya bila dalam melakukan perbandingan kita menilai $X > Y$ dan $Y > Z$, maka secara logis seharusnya $X > Z$. Konsistensi mengandung arti bahwa pemikiran atau obyek yang serupa dikelompokkan menurut persamaan dan pertaliannya, dan bahwa intensitas relasi antar gagasan atau antar obyek yang didasarkan pada suatu kriteria tertentu akan saling membenarkan secara logis. Suatu tingkat konsistensi tertentu memang diperlukan dalam penentuan prioritas. Menurut Saaty (1993), konsisten tidaknya suatu penilaian ditunjukkan oleh besarnya nilai CR (*consistency ratio*). Apabila $CR < 10\%$, maka matriks dianggap konsisten.





Gambar 1. Tahapan Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

a. Penyusunan Struktur Hierarki

Untuk melakukan peningkatan kualitas batik tulis, terutama produsen D. I. Yogyakarta, produsen perlu mengetahui bagian apa dari produk yang perlu ditingkatkan. Bagian tersebut bisa didapatkan, salah satunya, dari suara konsumen. Konsumen menyatakan hal-hal yang menurut mereka merupakan penilaian untuk menilai batik tulis berkualitas. Berdasarkan suara konsumen tersebut, produsen dapat menilai produknya dan melihat celah yang perlu ditingkatkan untuk meningkatkan kualitas batik tulis. Bagian produk itu yang selanjutnya akan dinyatakan sebagai kriteria penentu produk batik tulis yang berkualitas. Kriteria yang didapatkan bisa dilihat pada Tabel 2 dengan uji validitas ini dilakukan pada kuesioner tahap 1 dengan jumlah responden (N) 30 orang dan $\alpha = 0,05$, sehingga diperoleh nilai R-tabel = 0,374.



Tabel 2. Hasil Uji Validitas Kuesioner Tahap 1

No.	Kriteria	R Tabel	R hitung	Status
1	Kualitas	0,374	0,363	<i>Reject</i>
2	Bahan katun	0,374	0,447	<i>Valid</i>
3	Bahan mori	0,374	0,767	<i>Valid</i>
4	Bahan paris	0,374	0,579	<i>Valid</i>
5	Bahan sutra	0,374	0,651	<i>Valid</i>
6	Packaging	0,374	0,203	<i>Reject</i>
7	Merk	0,374	0,560	<i>Valid</i>
8	Keperluan	0,374	0,322	<i>Reject</i>
9	Cara Pemeliharaan	0,374	0,037	<i>Reject</i>
10	Warna Alami	0,374	0,754	<i>Valid</i>
11	Warna Sintesis	0,374	0,621	<i>Valid</i>
12	Motif Klasik	0,374	0,647	<i>Valid</i>
13	Motif Kontemporer	0,374	0,435	<i>Valid</i>
14	Model	0,374	0,173	<i>Reject</i>
15	Harga	0,374	0,767	<i>Valid</i>

Dari hasil perhitungan uji validitas kedua didapatkan bahwa seluruh kriteria yang tersisa memiliki nilai R-hitung lebih besar dibandingkan R-tabel, yaitu 0,374. Sepuluh kriteria tersebut dinyatakan *valid* atau dapat mengukur tingkat kepentingan kriteria terhadap penentuan kualitas batik tulis dan dapat digunakan untuk proses selanjutnya.

Tabel 3. Hasil Uji Validitas Kedua Kuesioner Tahap 1

No.	Kriteria	R Tabel	R hitung	Status
2	Bahan katun	0,374	0,487	<i>Valid</i>
3	Bahan mori	0,374	0,811	<i>Valid</i>
4	Bahan paris	0,374	0,575	<i>Valid</i>
5	Bahan sutra	0,374	0,678	<i>Valid</i>
7	Merk	0,374	0,611	<i>Valid</i>
10	Warna Alami	0,374	0,776	<i>Valid</i>
11	Warna Sintesis	0,374	0,624	<i>Valid</i>
12	Motif Klasik	0,374	0,645	<i>Valid</i>
13	Motif Kontemporer	0,374	0,497	<i>Valid</i>
15	Harga	0,808	0,811	<i>Valid</i>

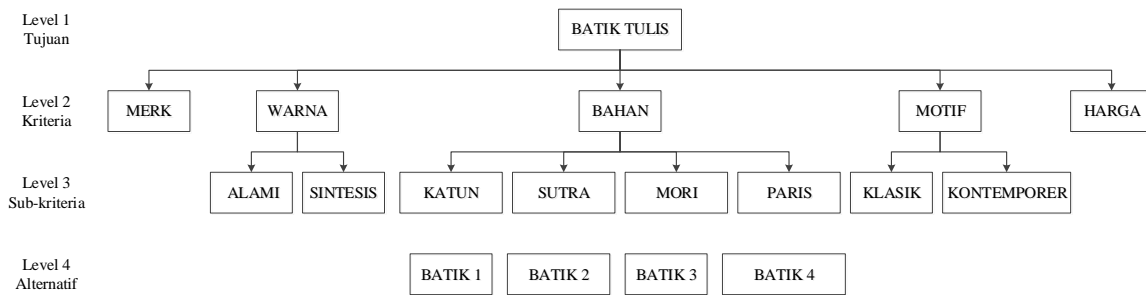
Kriteria-kriteria yang sudah dinyatakan *valid* kemudian diuji reliabilitas. Uji reliabilitas ini dilakukan untuk mengukur konsistensi responden dalam menjawab pertanyaan kuesioner tahap 1. Dari hasil uji reliabilitas, didapatkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,849. Nilai tersebut lebih besar dibandingka 0,70, sehingga kuesioner dapat dinyatakan *reliable* dan kriteria-kriteria tersebut mewakili kriteria yang layak digunakan.

Tabel 4. Uji Reliabilitas Kuesioner Tahap 1

Nilai <i>Cronbach's Alpha</i>	Batasan Nilai <i>Cronbach's Alpha</i>	Status
0,849	0,7	<i>Reliable</i>

Secara grafis, struktur AHP yang diusulkan untuk menentukan bobot prioritas produk batik tulis terbaik ditunjukkan oleh Gambar 2.





Gambar 2. Struktur Hierarki Batik Tulis Terbaik

b. Penentuan Bobot Kriteria Produk Batik Tulis Terbaik

Dari model struktur AHP pada Gambar 2, maka langkah pertama yang dilakukan adalah bobot setiap kriteria melalui rekapitulasi isian kuesioner matrik perbandingan berpasangan dari 50 orang responden. Tabel 5 sampai dengan Tabel 9 berikut menunjukkan hasil *pairwise comparison* untuk pencarian *local weight* dari seluruh kriteria dan sub-kriteria.

Tabel 5. *Normalized Pairwise Comparison* untuk Kriteria

	Warna	Bahan	Motif	Harga	Merk	<i>Geometric Mean</i>	<i>Normalized Weight</i>	Lamda	CI	CR
Warna	1,00	0,42	0,62	3,37	3,69	1,27	0,20	5,075	0,01	0,013
Bahan	2,37	1,00	1,79	4,47	4,62	2,45	0,39	5,088		
Motif	1,61	0,56	1,00	3,67	4,18	1,69	0,27	5,038		
Harga	0,30	0,22	0,27	1,00	1,26	0,47	0,07	5,037		
Merk	0,27	0,21	0,24	0,79	1,00	0,41	0,06	5,051		
Total	5,55	2,42	3,93	13,30	14,75	6,28	1	5,06		

Tabel 6. *Normalized Pairwise Comparison* untuk Sub-Kriteria Warna

	Alami	Sintesis	<i>Geometric Mean</i>	<i>Normalized Weight</i>	Lamda	CI	CR
Alami	1	5,87	2,42	0,85	2	0	0
Sintesis	0,170	1	0,41	0,15	2		
Total	1,17	6,87	2,84	1	2		

Tabel 7. *Normalized Pairwise Comparison* untuk Sub-Kriteria Bahan

	Katun	Katun	Katun	Katun	<i>Geometric Mean</i>	<i>Normalized Weight</i>	Lamda	CI	CR
Katun	1,00	0,70	0,52	2,28	0,96	0,21	4,00	0,02	0,025
Sutra	1,42	1,00	0,50	3,84	1,29	0,28	4,09		
Mori	1,91	1,98	1,00	3,12	1,86	0,41	4,10		
Paris	0,44	0,26	0,32	1,00	0,44	0,10	4,09		
Total	4,77	3,95	2,35	10,24	4,54	1	4,07		



Tabel 8. *Normalized Pairwise Comparison* untuk Sub-Kriteria Motif

	Klasik	Kontemporer	Geometric Mean	Normalized Weight	Lamda	CI	CR
Klasik	1	5,61	2,37	0,85	2	0	0
Kontemporer	0,18	1	0,42	0,15	2		
Total	1,18	6,61	2,79	1	2		

Untuk mengukur seberapa konsisten *pairwise comparison* dalam penelitian ini, dipakailah ukuran *inconsistency ratio*. Apabila hasil perhitungan rasio ini diatas 10% maka kemungkinan besar terjadi inkonsistensi didalam pemberian angka tingkat kepentingan. Berdasarkan data yang ada serta perhitungan yang telah dilakukan, didapat nilai seluruh inkonsistensi rasio sebesar kurang dari 10%. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terdapat konsistensi yang cukup didalam pemberian tingkat kepentingan antar kriteria. Dengan memperhatikan total tiap kriteria, didapat Tabel 10 yang berisi bobot seluruh kriteria sebagaimana yang dipersyaratkan dalam teori AHP. Dan Tabel 11 menunjukkan nilai akhir dan peringkat dari tiap alternatif hasil perhitungan dalam struktur AHP.

Tabel 10. Bobot Seluruh Kriteria, Sub-Kriteria, dan Alternatif

Kriteria	Bobot Kriteria	Sub Kriteria	Bobot Sub-kriteria	Alternatif	Bobot Alternatif
Warna	0,20	Alami	0,85	Batik 1	0,23
				Batik 2	0,18
				Batik 3	0,49
				Batik 4	0,10
		Sintesis	0,15	Batik 1	0,21
				Batik 2	0,26
				Batik 3	0,25
				Batik 4	0,28
Bahan	0,39	Katun	0,21	Batik 1	0,38
				Batik 2	0,27
				Batik 3	0,22
				Batik 4	0,13
		Sutra	0,28	Batik 1	0,32
				Batik 2	0,29
				Batik 3	0,24
				Batik 4	0,14
		Mori	0,41	Batik 1	0,30
				Batik 2	0,22
				Batik 3	0,35
				Batik 4	0,12
		Paris	0,10	Batik 1	0,26
				Batik 2	0,35
				Batik 3	0,23



Kriteria	Bobot Kriteria	Sub Kriteria	Bobot Sub-kriteria	Alternatif	Bobot Alternatif
				Batik 4	0,15
Motif	0,27	Klasik	0,85	Batik 1	0,26
				Batik 2	0,18
				Batik 3	0,48
				Batik 4	0,09
		Kontemporer	0,15	Batik 1	0,22
				Batik 2	0,27
				Batik 3	0,20
				Batik 4	0,32
Harga	0,07			Batik 1	0,15
				Batik 2	0,26
				Batik 3	0,19
				Batik 4	0,40
Merk	0,06			Batik 1	0,30
				Batik 2	0,27
				Batik 3	0,29
				Batik 4	0,14

Tabel 11. Nilai Akhir dan Peringkat dari Tiap Alternatif

Alternatif	Geometric Mean	Peringkat
Batik 1	0,269	2
Batik 2	0,231	3
Batik 3	0,351	1
Batik 4	0,150	4

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini telah ditentukan hierarki dengan 5 kriteria batik tulis yaitu warna, bahan, motif, harga, dan merk. Untuk warna, bahan dan motif mempunyai sub-kriteria. Warna memiliki sub-kriteria yaitu alami dan sintesis, bahan memiliki sub-kriteria yaitu katun, sutra, mori, dan paris, dan motif memiliki sub-kriteria yaitu klasik dan kontemporer. Alternatif produk batik tulis ada 4 yaitu Batik 1, Batik 2, Batik 3, dan Batik 4.
2. Kriteria terpenting dan berpengaruh dalam pemilihan produk batik tulis terbaik adalah bahan, motif, warna, harga, dan merk. Sedangkan sub-kriteria adalah bahan mori, motif klasik, dan warna alami.
3. Berdasarkan hasil analisis yang didapat dengan menggunakan metode AHP dapat ditarik kesimpulan bahwa alternatif yang dipilih sebagai produk batik tulis terbaik adalah Batik 3.



Daftar Pustaka

- Dinas Perindustrian Perdagangan Koperasi & UKM, 2015, *Buku Potensi IKM*, Disperindagkop Pemda DIY, Yogyakarta.
- Kementrian Perdagangan Republik Indonesia, 2014, Batik Indonesia Disukai Orang AS Hingga Jerman, Ini Penyebabnya, akses online 24 Mei 2017, URL: <http://www.kemendag.go.id/en/news/2014/10/02/batik-indonesia-disukai-orang-as-hingga-jerman-ini-penyebabnya>.
- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia, 2016, Kemenperin Kembangkan Bahan Baku Alami Batik, akses online 24 Mei 2017, URL: <http://www.kemenprin.go.id/artikel/10141/Kemenperin-Kembangkan-Bahan-Baku-Alami-Batik>.
- Mahmud, F., 2014, Pecinta Batik Indonesia Bangga Yogyakarta Raih Kota Batik Dunia, akses online 24 Mei 2017, URL: <http://liputan6.com/amp/2122885/pecinta-batik-indonesia-bangga-yogyakarta-raih-kota-batik-dunia>.
- Pujiastuti, L., 2015, Diakui Dunia, Ekspor Batik RI Meningkatkan Setiap Tahun, akses online 2 Mei 2017, URL: <http://finance.detik.com/read/2015/10/02/132932/3034083/4/diakui-dunia-ekspor-batik-ri-meningkat-setiap-tahun>.
- Saaty, Thomas L., 1993, *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin, Proses Hirarki Analitik untuk Pengambilan Keputusan dalam Situasi Kompleks*, Seri Manajemen No. 134, Jakarta: PT. Pustaka Binaman Pressindo.



Usulan Perbaikan Metode Kerja Proses Pemanenan Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode SCAT Di PT. XYZ

Muhammad Nur

Jurusan Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
E-mail: muhammad.nur@uin-suska.ac.id

Intisari

PT. XYZ bergerak dibidang pengolahan buah kelapa sawit menjadi CPO (Crude Palm Oil) dan Palm Kernel dengan kapasitas pabrik 45 ton TBS/jam. Permasalahan yang terjadi adalah banyaknya terjadi kecelakaan kerja khususnya pada karyawan pemanenan kelapa sawit (TBS). Kecelakaan kerja panen kelapa sawit di PT. XYZ tahun 2013 sampai 2015 terjadi 955 kasus yang menyebabkan 1.434 hari kerja hilang. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui penyebab kecelakaan kerja yang dialami karyawan pemanen TBS dan memberi usulan perbaikan metode kerja kepada perusahaan khususnya pemanenan TBS agar kecelakaan kerja yang saat ini masih terjadi dan dialami oleh karyawan dapat diminimalisir dan tidak terulang kembali. Metode yang digunakan untuk penyelesaian masalah tersebut yaitu dengan menggunakan metode Systematic Cause Analysis Technique (SCAT). Penyebab kecelakaan yang terjadi dikarenakan tidak adanya SOP, tidak memakai APD, kurang pengawasan dari pimpinan, dan tidak adanya program kesehatan dan keselamatan kerja. Usulan perbaikan berupa membuat SOP kerja yang benar dan aman, mewajibkan penggunaan APD, peningkatan kesadaran dan pengetahuan karyawan, merencanakan pengadaan APD, pengawasan karyawan, dan membuat program kesehatan dan keselamatan kerja.

Kata kunci: Metode kerja, proses pemanenan, SCAT

1. Pendahuluan

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan kelapa sawit menjadi *Crude Palm Oil* (CPO) dan *Karnel Palm* (KP), dalam memenuhi kebutuhan bahan baku tandan buah sawit (TBS) diperoleh dari perkebunan milik sendiri yang mencapai luas 4357,91 Ha dengan output 520 Ton/Hari. Tidak dapat dipungkiri perusahaan sebesar ini akan memberikan dampak penyerapan tenaga kerja pemanen TBS yang besar pula. Seiring dengan itu dalam menjalankan pekerjaannya, karyawan pemanen TBS sangat beresiko tinggi mengalami kecelakaan kerja, hal ini diketahui dari pengamatan di lapangan bahwa tidak adanya standar metode kerja yang baku, benar dan aman, antara satu karyawan dengan karyawan lainnya memiliki cara pemanenan TBS yang berbeda-beda. Kesalahan metode kerja ini dapat dilihat pada saat karyawan melakukan pemotongan pelepah sawit maupun buahnya secara bersamaan yang mengakibatkan jatuhnya pelepah dan buah menjadi tidak stabil dan tidak terkendali. Resiko terjadinya kecelakaan kerja pada karyawan pemanenan TBS selain disebabkan oleh metode kerja pemanenan TBS yang tidak benar dan aman, diperparah pula dengan rendahnya kesadaran karyawan akan kesehatan dan keselamatan kerja seperti tidak memakai alat pelindung diri (APD) seperti sepatu *boot*, *helm*, kacamata dan *apron*, tidak fokus pada pekerjaan yang sedang dilakukan (melakukan pekerjaan memanen buah sawit sambil melakukan aktifitas lain seperti merokok, mengobrol, dan lain-lain), dan sikap abai terhadap keselamatan kerja lainnya.



Kecelakaan kerja yang terjadi pada karyawan pemanen tandan buah sawit (TBS) di PT. XYZ umumnya terdiri dari kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh tertimpa pelepah atau buah sawit, kejatuhan serbuk atau berondolan sawit, tertusuk duri sawit, tersandung dan terjatuh, terluka akibat terkena alat kerja yang tajam *egrek* dan beberapa kecelakaan kerja akibat faktor lainnya. Akibat yang ditimbulkan dari kecelakaan kerja ini antara lain iritasi mata ringan sampai berat, masalah penglihatan permanen, luka robek, memar, terkilir, patah tulang, dan cacat permanen bahkan bisa saja dapat menimbulkan korban jiwa meninggal dunia. Tabel 1 menunjukkan data rincian kecelakaan kerja yang terjadi pada karyawan pemanenan tandan buah sawit (TBS) di PT. XYZ sepanjang tahun 2013 sampai dengan tahun 2015.

Tabel 1 Data Kecelakaan Kerja 2013 – 2015 Berdasarkan Penyebab Kecelakaan

No	Jenis Kecelakaan	Jumlah Kejadian			Jumlah
		2013	2014	2015	
1	Tertimpa Pelepah atau Janjangan Buah Sawit	31	38	22	91
2	Kejatuhan Berondolan Sawit, Serbuk Bunga Sawit atau Sampah Lainnya	89	121	107	317
3	Tertusuk Duri Sawit	61	89	63	213
4	Tersandung, Terpeleset, atau Terjatuh	64	74	75	213
5	Terluka Atau Cidera Karena Alat Kerja	27	50	44	121
Total Kecelakaan		272	372	311	955
Waktu / Hari Kerja Yang Hilang		426	568	440	1434
Jumlah Karyawan		228	212	234	674

(Sumber: PT. XYZ, 2016)

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui penyebab kecelakaan kerja yang dialami karyawan pemanen TBS dan memberikan usulan perbaikan satandar kerja kepada perusahaan PT. XYZ melalui pembuatan *Standard Operational Procedure* (SOP) keselamatan kerja pemanenan tandan buah sawit (TBS) dan rekomendasi-rekomendasi tindakan yang dapat diambil perusahaan agar kecelakaan kerja yang saat ini masih terjadi dan dialami oleh karyawan pemanen tandan buah sawit (TBS) dapat diminimalisirkan dan tidak terulang kembali.

2. Metodologi

Metode untuk melakukan identifikasi penyebab terjadinya kecelakaan kerja cukup banyak tetapi pada penelitian ini menggunakan metode *Systematic Cause Analysis Technique* (SCAT). Metode SCAT adalah suatu *tool* yang digunakan untuk mengevaluasi dan menginvestigasi *incident* dengan menggunakan SCAT *chart* (Nuruddin, 2012).

Alasan menggunakan metode SCAT karena dengan menggunakan metode ini kita dapat melihat gambaran kecelakaan yang sebenarnya terjadi, sehingga dapat diketahui gambaran penyebab langsung serta akar permasalahan dari kejadian kecelakaan, koreksi atas kegagalan manajemen perusahaan. Dengan demikian rekomendasi dari penelitian ini akan bisa memberi usulan perbaikan atau koreksi secara tuntas.

3. Hasil dan Pembahasan

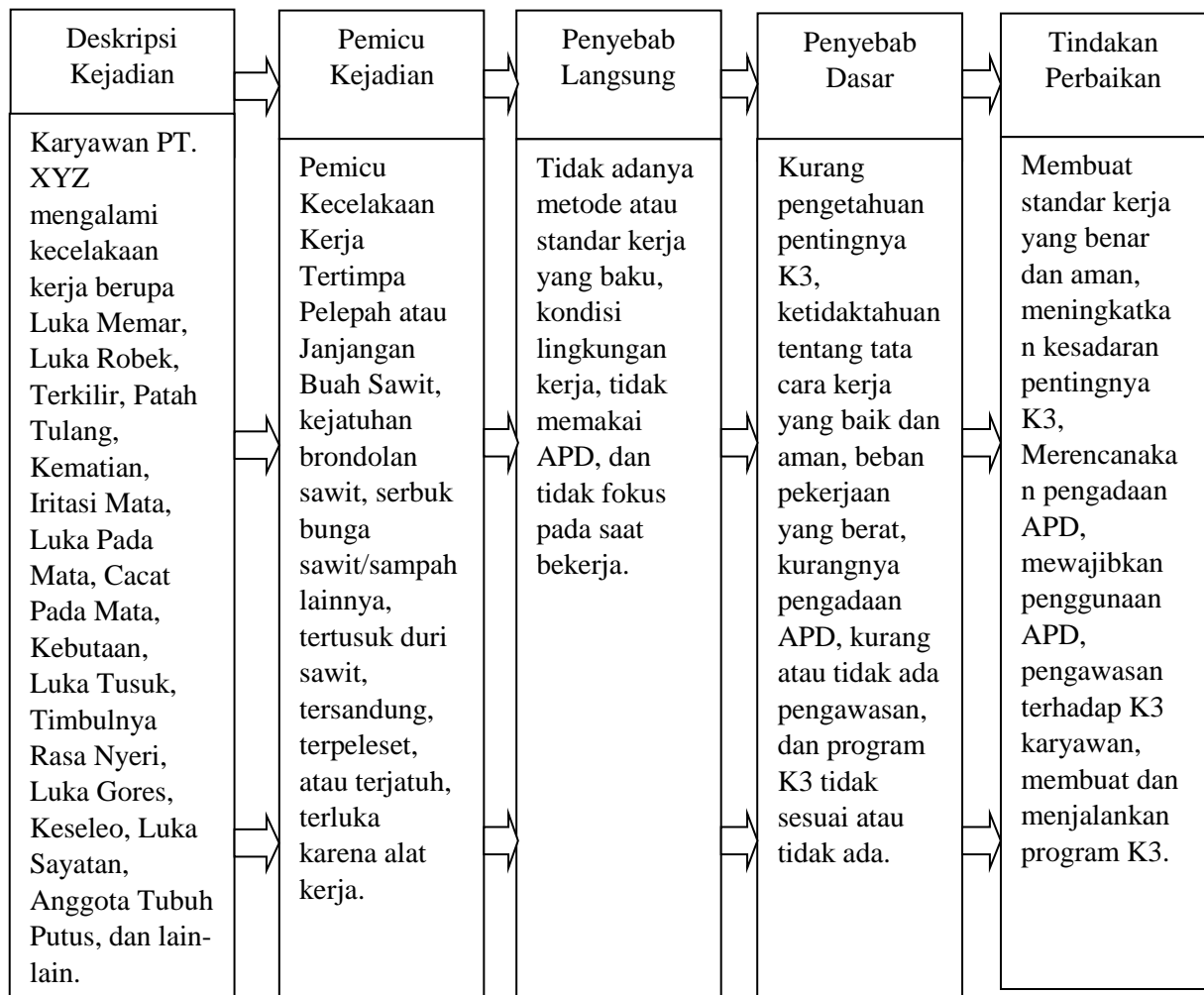
Cara kerja adalah metode yang digunakan secara terus-menerus oleh karyawan pada saat melakukan pekerjaannya. Cara kerja yang digunakan oleh karyawan saat ini adalah cara kerja yang mereka dapatkan dari pengalaman maupun melihat langsung serta melakukan secara langsung tanpa pernah mengetahui sebelumnya. Cara kerja satu karyawan dengan karyawan lainnya saat ini berbeda-beda. Artinya satu karyawan dengan karyawan lainnya dalam melakukan



pekerjaanya tidak sama. Secara keseluruhan cara kerja yang digunakan oleh karyawan adalah cara kerja yang tidak aman. Cara kerja tidak aman yang digunakan saat ini adalah tidak adanya mengerti jarak aman berdirinya karyawan yang tepat. Jarak aman antara pohon kelapa sawit dengan karyawan berdiri adalah 1 sampai 1,5 meter, sehingga buah yang jatuh dan terguling tidak akan sampai ke arah karyawan.

Selain jarak juga terdapat cara memotong yang tidak aman. Maksud dari cara memotong tidak aman adalah karyawan memotong pelepah ataupun buah dengan cara memotongnya secara langsung sehingga jatuhnya pelepah tidak dapat di prediksi arahnya. Hal ini tentunya sangat berbahaya bagi karyawan ketika pelepah jatuh mengarah kepada karyawan tersebut. Dengan demikian perlu adanya pembuatan cara kerja yang benar dan aman yang nantinya akan di gunakan oleh para karyawan. Sehingga karyawan memiliki pedoman yang pasti dan bekerja dengan nyaman dan aman.

Kecelakaan yang terjadi pada proses pemanenan buah kelapa sawit di PT. XYZ dapat di ketahui penyebab dan solusinya dengan menggunakan metode SCAT. Ada 5 blok atau kotak dalam SCAT diagram, meliputi deskripsi kejadian, pemicu kejadian, penyebab langsung, penyebab dasar, dan tindakan perbaikan.



Gambar 1. Diagram SCAT



A. Deskripsi Kejadian

1. Tertimpa Pelepah atau Janjangan Buah Sawit

Tertimpa pelepah atau janjangan buah sawit merupakan kejadian kecelakaan dimana pelepah atau janjangan buah sawit yang telah dipotong dengan *egrek* terjatuh menimpa tubuh si karyawan yang umumnya dapat menyebabkan cedera berupa luka memar, luka robek, terkilir, patah tulang, kematian, dan lain-lain.

2. Kejatuhan *Berondolan* Sawit, Serbuk Bunga Sawit atau Sampah Lainnya

Jatuhnya *berondolan* sawit, serbuk bunga sawit atau sampah lainnya mengenai bagian tubuh (umumnya pada bagian wajah, terutama pada bagian mata) yang menimbulkan cedera luka memar, benjol, iritasi mata, luka pada mata, cacat pada mata, kebutaan, dan lain-lain.

3. Tertusuk Duri Sawit

Cedera tertusuk duri dari buah maupun pelepah sawit yang menimbulkan cedera luka tusukan, dan rasa nyeri pada bagian tubuh yang terluka, dan lain-lain.

4. Tersandung, Terpeleset, atau Terjatuh

Kejadian kecelakaan yang menyebabkan cedera berupa luka memar, luka gores, keseleo, terkilir, dan lain-lain.

5. Terluka Atau Cedera Karena Alat Kerja

Kecelakaan kerja ini merupakan kecelakaan kerja dimana terjadinya kontak antara tubuh karyawan dengan peralatan-peralatan kerja seperti *egrek*, *dodos*, *kampak*, *gancu*, dan peralatan kerja lainnya yang menimbulkan cedera berupa luka robek, luka sayatan, anggota tubuh putus, dan lain-lain.

B. Analisa Pemicu Kejadian

1. Pemicu Kecelakaan Kerja Tertimpa Pelepah atau Janjangan Buah Sawit.

Kecelakaan kerja akibat tertimpa pelepah atau janjangan buah sawit dipicu oleh jatuhnya pelepah atau janjangan buah sawit dari ketinggian rata-rata lebih dari 10 meter dan memiliki berat rata-rata diatas 30 kg secara tidak terkendali sementara pekerja tidak dilengkapi dengan alat pelindung diri (APD) serta ketidaktahuannya karyawan mengenai tata kerja pemanenan tandan buah sawit yang aman guna terhindar dari kejatuhan pelepah atau janjangan buah sawit.

2. Pemicu Kecelakaan Kerja Kejatuhan *Berondolan* Sawit, Serbuk Bunga Sawit atau Sampah Lainnya.

Kecelakaan kerja ini dipicu oleh *brondolan*, serbuk sawit atau sampah lainnya yang jatuh dari ketinggian pohon sawit mengenai bagian kepala dan wajah terutama bagian mata karyawan, resiko cedera akibat kejatuhan *berondolan* sawit, serbuk bunga sawit atau sampah lainnya semakin diperparah dengan tidak digunakannya kacamata pelindung oleh karyawan

3. Pemicu Kecelakaan Kerja Kerja Tertusuk Duri Sawit.

Terjadinya kontak antara duri janjangan sawit atau pelepah sawit dengan bagian tubuh, permukaan kulit karyawan panen tandan buah sawit (TBS) yang tidak tertutup pakaian kerja atau alat pelindung diri (APD) lainnya pada saat memanen, memindahkan, atau mengangkut janjangan dan pelepah sawit sebagai pemicu terjadinya kecelakaan kerja tertusuk duri sawit.

4. Pemicu Kecelakaan Kerja Tersandung, Terpeleset, atau Terjatuh.

Kecelakaan kerja tersandung, terpeleset, dan terjatuh dipicu oleh pada saat berjalan ditengah kebun sawit, saat memanen atau saat memindahkan dan menyusun pelepah sawit ke pasar mati dan mengangkut janjangan buah sawit ke tempat pengumpulan hasil (TPH) menggunakan *angkong* (*gerobak*) dengan beban yang sangat berat.



5. Pemicu Kecelakaan Kerja Terluka atau Cidera Karena Alat Kerja.
Terluka pada saat mengasah egrek, dodos, atau kampak. Pada saat membawa ala-alat kerja yang tajam dengan tidak hati-hati atau terburu-buru. Terkena gancu saat menggancu janjangan buah sawit, terkena kampak saat memotong pelepah dan tangkai buah sawit.

C. Analisa Penyebab Langsung

Sebab-sebab yang secara langsung mengakibatkan terjadinya suatu kecelakaan kerja peneenan terbagi kedalam dua kategori, yaitu:

1. Kondisi Berbahaya.
 - a. Tidak Adanya Metode atau Standar Kerja yang Baku.
 - b. Kondisi Lingkungan Kerja
2. Prilaku Berbahaya.
 - a. Tidak Memakai Alat Pelindung Diri (APD).
 - b. Tidak Fokus Pada Pekerjaan yang Sedang Dilakukan

D. Analisa Penyebab Dasar

1. Faktor Pribadi atau Personal
 - a. Kurangnya Pengetahuan Pentingnya Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
 - b. Ketidaktahuan Tentang Tata Cara Kerja yang Baik dan Aman
 - c. Beban Pekerjaan Yang Berat
2. Faktor Pekerjaan
 - a. Kurangnya Rekayasa dan Simulasi
 - b. Kurangnya Perencanaan Pengadaan
3. Faktor Manajemen atau Lemahnya Kontrol
 - a. Kurang Atau Tidak Ada Pengawasan dari Pimpinan
 - b. Program Tidak Sesuai atau Tidak Tersedia

E. Analisa Tindakan Perbaikan

1. Membuat Standar Metode Kerja yang Benar dan Aman.
Upaya untuk menghindari kecelakaan yang sama terjadi dimasa akan datang adalah dengan memberikan metode kerja baku atau *StandardOperational Procedure* (SOP) yang tetap sebagai pedoman dalam melakukan pekerjaan pemanenan tandan sawit (TBS). Berikut adalah *StandardOperational Procedure* (SOP) untuk proses pemanenan tandan sawit (TBS):
 - a. Berdiri disamping pelepah atau buah yang akan dipotong, jarak karyawan dengan pohon adalah 1 sampai 1,5 meter.
Tujuan karyawan berdiri disamping pelepah atau buah yang akan di potong dengan jarak antara 1 sampai 1,5 meter adalah memudahkan karyawan dalam memposisikan dan menempatkan mata pisau egrek ke dalam celah pangkal pelepah atau buah yang akan di potong. selain itu juga akan memudahkan karyawan dalam menetapkan arah jatuhnya pelepah dan buah. Serta jarak tersebut adalah jarak aman karyawan dari buah sawit yang jatuh lurus dari tempat awal buah sawit sebelum dipotong.
 - b. Masukkan pisau egrek ke celah pangkal pelepah atau buah yang akan dipotong.
Pisau dimasukkan ke celah yang terdapat di pangkal pelepah ataupun buah sawit yang akan di potong. Egrek ditempatkan dipangkal pelepah atau buah karena bagian pangkal pelepah dan buah sawit adalah bagian yang mudah di potong dibandingkan bagian lainnya.
 - c. Letakkan tangan kiri sejajar kepala dan tangan kanan sejajar dada.



Dengan tangan kiri sejajar kepala karyawan dan tangan kanan sejajar dada akan mengoptimalkan tenaga karyawan dalam memotong pelepah dan buah kelapa sawit.

- d. Berdiri disamping kiri egrek dengan kaki kiri di depan dan kaki kanan di belakang, kaki dibuka selebar bahu.

Berdiri disamping kiri egrek yang di maksud adalah disamping kiri dari posisi karyawan berdiri. Dengan kaki dibuka selebar bahu dan kaki kiri berada didepan serta kaki kanan di belakang bertujuan agar posisi berdiri karyawan kokoh dan tidak berubah saat menarik egrek. Disamping itu juga agar tenaga yang dimiliki dan digunakan karyawan akan semakin maksimal.

- e. Memotong pelepah sawit.

- 1) Tarik egrek sampai pelepah menggantung.

Setelah egrek berada pada posisi yang tepat untuk memotong pelepah sawit yaitu di celah pelepah sawit, tarik egrek sampai pelepah menggantung. Hal ini bertujuan agar pelepah tidak langsung terpotong dan pelepah akan mudah untuk ditentukan arah jatuhnya serta jatuhnya. Dengan arah jatuh pelepah yang ditentukan, maka karyawan akan aman dan terhindar dari kecelakaan kejatuhan pelepah.

- 2) Tarik ujung pelepah ke arah karyawan dengan tangan kanan, tangan kiri memegang egrek.

Menarik ujung pelepah kearah berdirinya karyawan akan membuat pangkal pelepah setelah selesai dipotong jatuh ke arah yang berlawanan. Artinya pangkal pelepah jatuh menjauh dari karyawan. Sehingga kemungkinan kecelakaan kejatuhan pelepah tidak akan terjadi.

- 3) Letakkan tangan kiri sejajar kepala dan tangan kanan sejajar dada.

- 4) Berdiri disamping kiri egrek dengan kaki kiri di depan dan kaki kanan di belakang, kaki dibuka selebar bahu.

- 5) Tarik egrek sampai pelepah terpotong.

Pelepah akan terpotong dan jatuhnya pangkal pelepah jauh dari karyawan. Dengan demikian resiko kejatuhan pelepah pun menjadi sangat kecil bahkan tidak akan terjadi.

- f. Memotong tandan buah sawit (TBS).

- 1) Tarik egrek satu kali.

Pangkal buah sawit lebih kecil dibandingkan dengan pangkal pelepah, sehingga kegiatan ini hanya dilakukan satu kali agar buah tidak langsung terpotong, sehingga tidak langsung jatuh. Ini akan menghindari karyawan dari kecelakaan kejatuhan buah karena buah jatuh secara tiba-tiba dan tidak dapat di ketahui arah jatuh buah sawit tersebut.

- 2) Tarik bagian atas buah ke arah bawah menggunakan pisau egrek.

Kegiatan ini dilakukan agar buah sawit yang selesai dipotong akan langsung jatuh ke bawah dengan lurus. Buah yang ditarik ke bawah juga akan berada di bawah egrek dan pelepah yang ada di bawah buah sawit sehingga buah tidak jatuh diatas egrek maupun pelepah.

- 3) Masukkan pisau egrek ke celah pangkal buah yang akan dipotong.

- 4) Tarik egrek sampai buah terpotong.

Buah yang selesai di potong akan jatuh lurus dan jauh dari karyawan pemanen. Jatuhnya buah tidak terhalang oleh egrek maupun pelepah yang ada di pohon, sehingga karyawan pemanen terbebas dari resiko kejatuhan buah kelapa sawit tersebut.

2. Meningkatkan Kesadaran Pentingnya Keselamatan Kerja.



Memberikan kesadaran kepada karyawan bahwa keselamatan dan kesehatan kerja mempunyai arti yang sama pentingnya dengan kualitas dan target. Dengan demikian karyawan akan lebih berhati-hati dan mengedepankan keselamatan ketika melakukan pekerjaannya. Apabila pengetahuan dan kesadaran pentingnya keselamatan dan kesehatan kerja diterima dan dimiliki karyawan dan menerapkannya ketika melakukan pekerjaan dan memiliki tanggung jawab tentang keselamatan kerja sehingga kemungkinan terjadinya kecelakaan akan sangat kecil.

3. Merencanakan Pengadaan Perlengkapan Alat Pelindung Diri (APD) yang Dibutuhkan.
Selain perlengkapan produksi yang dibutuhkan dan direncanakan pengadaannya, perlengkapan keselamatan kerja juga harus dilakukan perencanaan pengadaannya.
4. Mewajibkan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).
Dengan mewajibkan karyawan menggunakan alat pelindung diri (APD) ketika melakukan pekerjaan penanaman tandan buah sawit (TBS) akan mengurangi resiko terjadinya kecelakaan kerja berakibat fatal apabila kecelakaan masih saja terjadi dan tidak terhindarkan.
5. Pengawasan Terhadap Kesehatan dan Keselamatan Kerja Karyawan.
Pengawasan tersebut adalah mengawasi dan memastikan bahwa karyawan telah menggunakan perlengkapan alat pelindung diri (APD) yang telah diberikan, mengikuti metode kerja dengan benar, serta memberikan rambu-rambu yang mengingatkan tentang pentingnya keselamatan kerja.
6. Membuat dan Menjalankan Program Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
Program keselamatan dan kesehatan kerja merupakan suatu program yang bertujuan untuk mengurangi kecelakaan-kecelakaan dan kondisi yang tidak sehat yang terjadi didalam perusahaan atau organisasi, dengan mewujudkan suatu kondisi kerja yang lebih aman dan sehat, serta menjadi lebih bertanggung jawab atas kegiatan-kegiatan yang dilakukan perusahaan terutama yang memiliki tingkat kecelakaan dan resiko yang tinggi.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

1. Faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja di PT. XYZ adalah sebagai berikut:
 - a. Penyebab Langsung
 - b. Penyebab Dasar
2. Usulan perbaikan metode kerja pemanenan melalui pembuatan *Standard Operational Procedure* (SOP) keselamatan kerja pemanenan TBS, peningkatan kesadaran diri karyawan terhadap pentingnya keselamatan kerja, merencanakan pengadaan perlengkapan APD sesuai yang dibutuhkan, mewajibkan penggunaan APD oleh setiap karyawan pada saat berkerja, melakukan pengawasan terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan, membuat dan menjalankan program kesehatan dan keselamatan kerja.

4.2. Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang diberikan adalah sebagai berikut :

1. Perlunya pengawasan yang lebih baik dan menyeluruh seperti pengecekan dan perawatan secara berkala perlengkapan keselamatan.
2. Perusahaan meningkatkan kualitas sumber daya manusia tentang perlunya kesehatan dan keselamatan kerja dengan cara memberikan penyuluhan terhadap semua karyawan dengan cara mendatangkan ahli keselamatan dan kesehatan kerja.
3. Sebaiknya ditempat kerja di pasang *display* yang bersifat mengingatkan karyawan akan bahaya kecelakaan.



4. Apabila karyawan tidak mematuhi atau melanggar prinsip yang telah diterapkan oleh perusahaan mengenai manajemen kesehatan dan keselamatan, maka perusahaan harus bertindak tegas untuk tidak memberi ijin masuk bagi karyawan yang tidak melaksanakan.
5. Memberikan penghargaan terhadap karyawan yang berprestasi dan menjalankan program K3 dengan sungguh-sungguh.

Daftar Pustaka

- Anizar, 2012, *Teknik Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di Industri*, Medan:Graha Ilmu.
- Dainur, 1992, *Materi-materi Pokok Ilmu Kesehatan Masyarakat*, Jakarta:Widya Medika.
- Hadi, S, 2008, *Prinsip-Prinsip Dasar Pengetahuan Keselamatan Kerja Dan Penerapannya*, Jakarta:Rineka Cipta.
- Kuswana, W, S, 2014, *Ergonomi dan K3 (Kesehatan Dan Keselamatan Kerja*, Bandung:PT. Remaja Rosdakarya.
- Nuruddin, 2012, *Investigasi Kecelakaan Kerja Dan Tools Yang Digunakan*, Jakarta:Pustaka Utama Grafiti.
- Ramli, S, 2010, *Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001*, Jakarta:Dian Rakyat.
- Ridley, J, 2008, *Kesehatan Dan Keselamatan Kerja*, Jakarta:Penerbit Erlangga.
- Suma'mur, P, K., 1992, *Kecelakaan Dan Keselamatan Kerja*, Jakarta:Gunung Agung.
- Tarwaka, 2008, *Keselamatan Dan Kesehatan Kerja*, Surakarta: Harapan Press.



Model Desain Jaringan Rantai Pasok dengan karakteristik *Multi Product, Multi Period, Multi Stage: Stochastic Demand*

Nur Mayke Eka Normasari*, Budi Hartono, Christin Budiono

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
Jl. Grafika no.2 Bulaksumur Yogyakarta 55281
E-mail: mayke@ugm.ac.id

Intisari

Penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian model jaringan rantai pasok berkarakteristik multi product, multi period, dan multi stage dengan mempertimbangkan permintaan yang sifatnya tidak pasti/stokastik (stochastic demand) dengan fungsi tujuan untuk memaksimalkan profit. Pengembangan permintaan stokastik dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan skenario diskrit yang menunjukkan perubahan permintaan terhadap waktu (discrete time process). Permintaan stokastik dibangkitkan dari bilangan random berdasarkan distribusi normal dengan mean dan standar deviasi yang sama untuk setiap produk. Model jaringan rantai pasok dengan permintaan stokastik diselesaikan menggunakan perangkat lunak LINGO. Hasil perhitungan menunjukkan pengaruh ketidakpastian permintaan pada desain jaringan dan penugasan yang terjadi. Hasil penelitian dapat digunakan untuk membantu pengambilan keputusan dalam memberikan desain jaringan yang optimal.

Kata Kunci: desain jaringan rantai pasok, stochastic demand, skenario diskrit, LINGO

1. Pendahuluan

Pembuatan keputusan dalam desain jaringan rantai pasok (*supply chain network design/SCND*) merupakan hal yang tidak mudah untuk dilakukan. Keputusan mengenai konfigurasi rantai pasok termasuk kedalam kriteria keputusan strategis yang memberikan pengaruh jangka panjang terhadap keseluruhan komponen manajemen rantai pasok (*Supply Chain Management/SCM*) dalam perusahaan. Oleh karena itu, keputusan tentang SCND harus diambil dengan tepat agar dapat berfungsi dengan baik dalam lingkungan bisnis yang semakin kompleks dan bersaing (Govindan dkk, 2017). Jayaraman dkk (2003) menyatakan bahwa kesulitan pengambilan keputusan SCND ini telah menarik perhatian yang cukup besar dalam bidang penelitian berbasis *operational research* (OR).

Model SCND memiliki ruang lingkup karakteristik yang sangat luas. Dimulai dari tipe produksi *single-product* ke *multi-product*, dari tipe distribusi *single-stage* hingga *multi-stage*, dari permintaan linear-deterministic ke non linear-stochastic, dan dari pertimbangan keputusan single-period hingga multi-period (Sahraeian dkk, 2010). Terdapat begitu banyak kemungkinan kombinasi karakteristik untuk membangun model SCND yang berbeda. Demikian pula dengan banyaknya upaya yang telah dilakukan untuk memodelkan dan mengoptimalkan desain rantai pasok pada karakteristik perusahaan yang berbeda-beda. Karakteristik SCND yang masih belum banyak diteliti adalah pertimbangan kondisi permintaan multi period yang bersifat stokastik atau tidak pasti (Melo dkk, 2009). Padahal dalam sistem nyata rantai pasok terdapat begitu banyak ketidakpastian teknis maupun komersial sehingga asumsi akan parameter-parameter yang bersifat diketahui dan pasti tidaklah realistis (Sahraeian dkk, 2010). Oleh karena itu, pertimbangan parameter yang bersifat stokastik merupakan salah satu cara untuk membuat evaluasi pada model



SCND menjadi lebih mewakili sistem nyata. Pertimbangan tingkatan jaringan rantai pasok juga merupakan area penelitian yang menarik bagi para peneliti.

Beberapa penelitian dalam SCND yang telah mempertimbangkan parameter ketidak pastian, diantaranya adalah, Rezaee dkk (2017) yang melakukan penelitian pada SCND dengan mempertimbangkan desain ramah lingkungan, permintaan dan harga karbon yang stokastik dengan menggunakan pendekatan model probabilitas dengan tujuan meminimumkan total biaya yang dihasilkan. Baghalian dkk (2013) mempelajari tentang SCND dengan mempertimbangkan permintaan dan pasokan yang bersifat tidak pasti. Petridis (2013) meneliti desain dalam jaringan rantai pasok dengan permintaan yang terdistribusi normal. Dalam penelitian ini, objek yang diamati adalah sistem SCND dengan karakteristik *multi product*, *multi period*, *multi stage*, dan permintaan stokastik guna memaksimalkan profil yang dihasilkan dalam memutuskan jumlah serta lokasi *plant* dan *distribution center (DC)* yang akan dibangun dan jalur distribusinya. Pengembangan permintaan stokastik dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan skenario diskrit yang menunjukkan perubahan permintaan terhadap waktu (*discrete time process*).

2. Metodologi

Penelitian ini dimulai dengan mempelajari masalah yang dipertimbangkan untuk mengetahui karakteristik dari sistem yang diamati. Tahap selanjutnya adalah mempelajari model yang sudah dibangun pada penelitian Budiono dkk (2012) yang merupakan model yang akan dikembangkan dalam penelitian ini dengan mempertimbangkan permintaan yang bersifat stokastik. Pengembangan permintaan stokastik dari penelitian Budiono dkk (2012) dilakukan dengan menggunakan pendekatan skenario diskrit yang berbeda terhadap waktu. Permintaan akan berubah dari waktu ke waktu hingga akhir dari periode waktu yang direncanakan (Sabri & Beamon, 2000; Listes & Dekker, 2005; Guillen dkk, 2005; Ferretti dkk, 2010; Banerjee & Roy, 2010). Dalam penelitian ini, permintaan diasumsikan mengikuti pola distribusi normal yang digambarkan dengan nilai rata-rata (μ) dan koefisien variasi (σ) yang berbeda dari satu lokasi pelanggan ke pelanggan yang lain. Selanjutnya, perhitungan numeris pada model matematika dengan skenario permintaan stokastik dijalankan menggunakan program LINGO 9.

3. Hasil dan Pembahasan

Model yang akan dikembangkan dengan menambahkan pertimbangan permintaan stokastik adalah model matematika dari Budiono dkk (2012) dengan fungsi tujuan memaksimalkan profil. Notasi yang digunakan dalam model SCND dari Budiono dkk (2012) adalah sebagai berikut:

I	Set pelanggan ($i \in I$)
J	Set lokasi DC yang potensial ($j \in J$)
K	Set lokasi Plant yang potensial ($k \in K$)
S	Set supplier ($s \in S$)
P	Set produk ($p \in P$)
R	Set bahan baku ($r \in R$)
T	Panjang horizon perencanaan (T tahun)
F_k	Biaya pembangunan plant k (\$)



G_j	Biaya pembangunan DC j (\$)
K_{sr}	Kapasitas supplier s untuk bahan baku r (unit bahan baku)
M_k	Kapasitas maksimum plant k (unit waktu)
W_j	Kapasitas DC j (volume)
U_{rp}	Tingkat utilitas bahan baku r untuk tiap unit produk p (unit bahan baku/produk)
PR_p	Tingkat produksi manufaktur produk p (produk/unit waktu)
E_p	Tingkat kebutuhan ruang bagi produk p pada DC j (volume/produk)
A_{skr}	Biaya pembelian dan transportasi bahan baku r dari supplier s ke plant k (\$/unit bahan baku)
B_{kp}	Biaya manufaktur untuk produk p pada plant k (\$/produk)
C_{kjp}	Biaya transportasi produk p dari plant k ke DC j (\$/produk)
H_{jp}	Biaya inventori untuk produk p pada DC j (\$/produk)
L_{jip}	Biaya transportasi produk p dari DC j ke pelanggan i (\$/produk)
RC_{ip}	Harga produk p pada pelanggan i (\$/produk)
D_{tip}	Permintaan zona pelanggan i untuk produk p pada periode waktu t (produk)
X_{tk}	1 jika plant k dibangun pada periode waktu t; 0 jika tidak
Y_{tj}	1 jika DC j dibangun pada periode waktu t; 0 jika tidak
O_{tskr}	Kuantitas bahan baku r yang dikirimkan dari supplier s ke plant k pada periode waktu t (unit bahan baku)
Q_{tkp}	Kuantitas produk p yang diproduksi oleh plant k pada periode waktu t (produk)
V_{tkjp}	Kuantitas produk p yang dikirimkan dari plant k ke DC j pada periode waktu t (produk)
w_{tjip}	Kuantitas produk p yang dikirimkan dari DC j ke pelanggan i pada periode waktu t (produk)
h_{tjp}	Kuantitas produk p di dalam DC j pada akhir periode waktu t (produk)

Dengan model matematikanya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z = & \sum_t \sum_j \sum_i \sum_p RC_{ip} w_{tjip} - \left[\sum_t \sum_k \{ F_k X_{k1} + \sum_{t=2}^T F_k (X_{tk} - X_{k(t-1)}) \} + \sum_t \sum_j \{ G_j Y_{j1} + \right. \\
 & \left. \sum_{t=2}^T G_j (Y_{jt} - Y_{j(t-1)}) \} + \sum_t \sum_s \sum_k \sum_r A_{skr} O_{tskr} + \sum_t \sum_k \sum_p B_{kp} Q_{tkp} + \right. \\
 & \left. \sum_t \sum_k \sum_j \sum_p C_{kjp} V_{tkjp} + \sum_t \sum_j \sum_p H_{jp} h_{tjp} + \sum_t \sum_j \sum_i \sum_p L_{jip} w_{tjip} \right] \quad (1)
 \end{aligned}$$



fungsi batasan:

$$X_{tk} \geq X_{(t-1)k}, \forall t = 2, \dots, T \quad (2)$$

$$Y_{tj} \geq Y_{(t-1)j}, \forall t = 2, \dots, T \quad (3)$$

$$\sum_k O_{tskr} \leq K_{sr}, \forall r, s, \text{ dan } t \quad (4)$$

$$\sum_p U_{rp} Q_{tkp} \leq \sum_s O_{tskr}, \forall r, k, \text{ dan } t \quad (5)$$

$$\sum_j V_{tkjp} \leq Q_{tkp}, \forall p, k, \text{ dan } t \quad (6)$$

$$\sum_p (1/PR_p) Q_{tkp} \leq M_k X_{tk}, \forall k, \text{ dan } t \quad (7)$$

$$\sum_k \sum_p V_{tkjp} E_p + \sum_p h_{(t-1)jp} E_p \leq W_j Y_{tj}, \forall j, \text{ dan } t \quad (8)$$

$$h_{tjp} = \sum_k V_{tkjp} + h_{(t-1)jp} - \sum_i w_{tjip}, \forall p, j, \text{ dan } t \quad (9)$$

$$\sum_j w_{tjip} \geq D_{tip}, \forall p, i, \text{ dan } t \quad (10)$$

$$X_{tk} = \{0,1\} \quad (11)$$

$$Y_{tj} = \{0,1\} \quad (12)$$

$$O_{tskr} \geq 0 \quad (13)$$

$$Q_{tkp} \geq 0 \quad (14)$$

$$V_{tkjp} \geq 0 \quad (15)$$

$$w_{tjip} \geq 0 \quad (16)$$

$$h_{tjp} \geq 0 \quad (17)$$

$$h_{pj0} = 0, \forall j \text{ dan } p \quad (18)$$

Fungsi tujuan dari model matematika SCND diatas adalah untuk memaksimalkan profit yang didapatkan. Persamaan (2) sampai (18) adalah fungsi batasan dari model. Persamaan (2) dan (3) memastikan bahwa *plant* dan DC hanya akan dibangun satu kali. Persamaan (4) adalah batasan kapasitas dari *supplier*. Persamaan (5) adalah batasan bahan mentah untuk proses produksi. Persamaan (6) adalah batasan distribusi produk dari *plant* ke DC. Batasan kapasitas *plant* dan DC ada pada persamaan (7) dan (8). Persamaan (9) memastikan adanya keseimbangan inventori. Permintaan konsumen pasti terpenuhi ditunjukkan pada batasan (10). Persamaan (11) dan (12) adalah batasan biner untuk variable keputusan. Persamaan (13) sampai (17) memastikan bahwa nilai variable keputusan tidak negative. Batasan terakhir yaitu persamaan (18) digunakan untuk mengindikasikan inventori awal pada DC bernilai nol.

Pengembangan dari model diatas dilakukan pada parameter permintaan (D_{tip}) yang sebelumnya bersifat deterministic menjadi stokastik. Pembangunan permintaan stokastik pada model Budiono dkk (2012) dilakukan dengan menggunakan pendekatan skenario. Skenario permintaan stokastik dibangun dengan menggunakan asumsi distribusi normal dibangkitkan dengan menggunakan nilai rata-rata permintaan pelanggan $\mu=40$ dengan standar deviasi $\sigma=10$



serta delta $\delta=2$ (20% dari standar deviasi). Tabel 1 menunjukkan parameter distribusi normal yang akan digunakan untuk membangkitkan skenario permintaan stokastik selama 5 periode waktu.

Tabel 1. Parameter Distribusi Normal untuk Periode $t=1, \dots, 5$

Periode	Parameter Distribusi Normal (μ, σ)
1	(40,10)
2	(40,12)
3	(40,14)
4	(40,16)
5	(40,18)

Berdasarkan perubahan permintaan pelanggan terhadap waktu, yang dicerminkan melalui perubahan standar deviasi parameter distribusi normal di atas, kemudian dibangkitkan bilangan acak permintaan pelanggan. Tabel 2 menunjukkan skenario permintaan pelanggan untuk karakteristik dua jenis produk pada empat area pelanggan.

Tabel 2. Skenario Permintaan Pelanggan

Periode	* D_{tip}	Nilai random	Simulasi permintaan
1	D111	0,304520	35
	D112	0,454804	39
	D121	0,705671	45
	D122	0,627671	43
	D131	0,217870	32
	D132	0,647590	43
	D141	0,386184	37
	D142	0,753677	47
2	D211	0,735073	47
	D212	0,591085	42
	D221	0,211523	30
	D222	0,220282	30
	D231	0,856200	52
	D232	0,228473	31
	D241	0,971984	63
	D242	0,008621	11
3	D311	0,338215	34
	D312	0,820414	52
	D321	0,033764	14
	D322	0,079126	20
	D331	0,516012	40
	D332	0,254676	30
	D341	0,698541	47
	D342	0,409590	36
4	D411	0,86872	58
	D412	0,71870	49
	D421	0,31001	32
	D422	0,20996	27
	D431	0,25943	29
	D432	0,11770	21



	D441	0,97765	71
	D442	0,87804	58
5	D511	0,77526	53
	D512	0,97416	74
	D521	0,31001	31
	D522	0,77398	53
	D531	0,25943	28
	D532	0,15586	21
	D541	0,97765	75
	D542	0,41230	36

* D_{tip} adalah permintaan pada tahun t , oleh konsumen i , pada produk p

Contoh perhitungan numeris dikembangkan untuk mengilustrasikan aplikasi skenario permintaan stokastik yang telah dibangun. Skenario permintaan stokastik yang telah dibangun akan diterapkan pada sistem SCND yang terdiri dari dua supplier, dua plant, tiga DC, dan empat pelanggan. Sistem ini memproduksi dua jenis produk yang berasal dari dua jenis bahan baku. Hasil penyelesaian model dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil model permintaan stokastik untuk periode $t=5$

Solusi Optimum		\$ 23.626,33	
Variabel keputusan jalur distribusi			
Periode	Supplier(Plantrawmat)	Plant(DCproduct)	DC(Cusproduct)
1	1(1 ¹ 1 ² 2 ¹) 2(2 ²)	1(2 ¹) 2(2 ² 3 ²)	2(1 ¹ 2 ¹ 3 ¹ 3 ² 4 ¹) 3(1 ² 2 ² 3 ² 4 ²)
2	1(1 ¹ 1 ² 2 ¹) 2(2 ²)	1(2 ¹ 3 ¹) 2(2 ² 3 ¹ 3 ²)	2(1 ¹ 2 ¹ 3 ¹ 4 ¹) 3(1 ² 2 ² 3 ¹ 3 ² 4 ²)
3	1(1 ¹ 1 ² 2 ¹) 2(2 ²)	1(2 ¹) 2(2 ² 3 ²)	2(1 ¹ 2 ¹ 3 ¹ 3 ² 4 ¹ 4 ²) 3(1 ² 2 ² 4 ²)
4	1(1 ¹ 1 ² 2 ¹) 2(2 ²)	1(2 ¹ 3 ¹) 2(2 ² 3 ¹ 3 ²)	2(1 ¹ 2 ¹ 3 ¹ 3 ² 4 ¹) 3(1 ² 2 ² 3 ¹ 3 ² 4 ²)
5	1(1 ¹ 1 ² 2 ¹) 2(2 ²)	1(2 ¹ 3 ¹) 2(2 ² 3 ¹ 3 ²)	2(1 ¹ 2 ¹ 3 ¹ 3 ² 4 ¹) 3(1 ² 2 ² 3 ¹ 3 ² 4 ²)

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa semua plant serta DC 2 dan 3 diputuskan untuk dibuka. Dari awal hingga akhir horizon perencanaan, supplier 1 mengirimkan bahan baku 1 dan 2 ke plant 1, serta bahan baku 1 ke plant 2. Sementara itu, supplier 2 hanya mengirimkan bahan baku 2 ke plant 2. Untuk pengiriman produk ke DC, pada tahun pertama dan ketiga plant 1 hanya mengirimkan produk 1 ke DC 2, sedangkan plant 2 hanya mengirimkan produk 2 ke DC 2 dan 3. Namun, pada tahun kedua, keempat, dan kelima plant 1 dan plant 2 sama-sama mengirimkan produk ke DC 2 dan 3. Selanjutnya, pengiriman produk ke pelanggan mengalami perubahan konfigurasi dari tahun pertama hingga tahun terakhir. Dengan pengambilan keputusan dan



penugasan tersebut, sistem dapat memperoleh profit senilai \$ 23.626,33 dalam kurun waktu lima tahun.

Pengaruh permintaan yang bersifat stokastik memberikan perubahan yang pada jalur distribusi yang perlu dilakukan tetapi tidak memberikan perubahan pada keputusan fasilitas yang dipilih.

4. Kesimpulan dan Saran

Model SCND dengan pertimbangan permintaan stokastik menggunakan pendekatan skenario diskrit telah berhasil dikembangkan. Contoh penerapan model pada sistem SCND yang dijalankan selama periode 5 tahun menunjukkan bahwa permintaan stokastik mempengaruhi keputusan jalur distribusi tetapi tidak merubah keputusan pemilihan fasilitas yang dibangun. Perkembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan mempertimbangkan penggunaan *algoritma heuristic* untuk menyelesaikan model dalam skala permasalahan yang lebih besar.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin menyampaikan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada pihak Departemen Teknik Mesin dan Industri (DTMI), Fakultas Teknik (FT), Universitas Gadjah Mada (UGM) atas bantuan dana untuk publikasi penelitian ini dalam skema Hibah DTMI 2017 dengan SK No. 861/H1.17/TMI/LK/2017.

Daftar Pustaka

- Baghalian, A., Rezapour, S., & Farahani, R. Z. (2013). Robust supply chain network design with service level against disruptions and demand uncertainties: A real-life case. *European Journal of Operational Research*, 227, 199–215.
- Banerjee, S., and Roy, T. K., 2010, Solution of Single and Multiobjective Stochastic Inventory Models with Fuzzy Cost Components by Intuitionistic Fuzzy Optimization Technique, *Advances in Operations Research*, 1-19.
- Budiono, C., Normasari, N.M.E., Hartono, B. (2012). A profit maximizing model for the multi product supply chain network design. *Industrial Engineering Conference (IEC)*, UPN, Yogyakarta.
- Ferretti, I., Zanoni, S., Zavanella, L., 2010, Distribution Network Design under Uncertain Demand, Università Degli Studi Brescia, Italy.
- Govindan, K., Fattahi, M., & Keyvanshokoo, E. (2017). Supply chain network design under uncertainty: A comprehensive review and future research directions. *European Journal of Operational Research*.
- Guillen, G., Mele, F. D., Bagajewicz, M. J., Espuna, A., Puigjaner, L., 2005, Multiobjective Supply Chain Design under Uncertainty, *Chemical Engineering Science* 60, 1535-1553.
- Jayaraman, V., and Ross A., 2003, A Simulated Annealing Methodology to Distribution Network Design and Management, *European Journal of Operational Research* 144, 629-645.
- Listes, O. and Dekker, R., 2005, A Stochastic Approach to A Case Study for Product Recovery Network Design, *European Journal of Operational Research* 160, 268-287.
- Melo, M. T., Nickel S., Saldanha-Da-Gama F., 2009, Facility Location and Supply Chain Management – A Review, *European Journal of Operational Research* 196, 401-412.
- Petridis, K. (2013). Optimal design of multi-echelon supply chain networks under normally distributed demand. *Annals of Operations Research*. doi:10.1007/s10479-013-1420-6.
- Rezaee, A., Dehghanian, F., Fahimnia, B., & Beamon, B. (2017). Green supply chain network design with stochastic demand and carbon price. *Annals of Operations Research*, 250(2), 463-485.



- Sabri, E. H., and Beamon, B. M., 2000, A Multi-Objective Approach to Simultaneous Strategic and Operational Planning in Supply Chain Design, *OMEGA*, Vol.28(5), 581-598.
- Sahraeian R., Bashiri M., Ramezani M., 2010, Multi-Product, Multi-Stage Supply Chain Design Considering Products Waiting Time in The Queue, *Proceedings of The 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Dhaka-Bangladesh.



Pengaruh *Individual Risk Attitude* Dan Pengalaman Pada Proses Analisis Risiko Proyek

Serifiana Arung Bua', Budi Hartono

Pascasarjana Teknik Industri
Jurusan Teknik Mesin dan Industri
Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta 55281
Tel/Fax: 0274-521673
E-mail: serifiana_arung@yahoo.co.id

Intisari

Dalam manajemen risiko, faktor manusia menjadi hal yang sangat penting karena semua proses dalam manajemen risiko membutuhkan penilaian dari manusia (human judgment). Terdapat perbedaan perilaku dalam setiap aktivitas manajemen risiko berdasarkan risk attitude seseorang (risk-averse, risk-tolerance, risk-neutral, risk-seeking). Situasi yang diduga juga dapat mempengaruhi proses analisis risiko seseorang salah satunya yaitu pengalaman. Pada penelitian ini proyek yang dipilih adalah proyek mahasiswa yaitu CHRONICS dan KKN untuk meneliti apakah risk attitude dan pengalaman mahasiswa akan berpengaruh pada proses analisis risiko proyek. Subjek penelitian yaitu mahasiswa Universitas Gadjah Mada yang terdiri dari mahasiswa tahun terakhir karena dianggap sebagian dari populasi tersebut pernah terlibat proyek CHRONICS maupun KKN. Penelitian dilakukan pada satu waktu dengan pemilihan kelompok populasi yang telah ditentukan sebelumnya atau dikenal dengan istilah prosedur quasi eksperiment. Instrumen yang digunakan yaitu kuesioner yang diberikan kepada 100 mahasiswa, dan hanya 92 kuesioner yang dianggap memenuhi kualifikasi. Dari 92 data tersebut maka responden dapat dikelompokkan menjadi 6 kelompok yaitu Risk-Seeking berpengalaman, Risk-Neutral berpengalaman, Risk-Averse berpengalaman, Risk-Seeking tidak berpengalaman, Risk-Neutral tidak berpengalaman, dan Risk-Averse tidak berpengalaman. Data diolah dengan melakukan uji independent t-test untuk melihat perbedaan diantara setiap kelompok tersebut. Hasil menunjukkan bahwa setiap kelompok yang dibandingkan memiliki nilai $\text{Sig. (2-Tailed)} > 0,05$ yang artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam proses analisis risiko oleh responden yang memiliki risk attitude dan pengalaman yang berbeda.

Kata Kunci: risiko, risk attitude, pengalaman, proyek, analisis risiko

1. Pendahuluan

Proyek adalah segala usaha yang bersifat temporari atau dilakukan dalam rentang waktu tertentu untuk mencapai tujuan dan memberikan suatu produk, *service* atau hasil yang unik. Dalam suatu proyek terdapat manajemen proyek untuk mengatur dan mengendalikan jalannya proyek tersebut agar tujuan proyek dapat tercapai atau meminimalkan peluang gagalnya suatu proyek.

Manajemen proyek merupakan pengaplikasian dari ilmu pengetahuan, *skill*, *tools*, dan teknik dalam aktivitas proyek sehingga didapatkan hasil yang sesuai tujuan. Manajemen proyek terdiri dari 5 proses utama (*inisiasi*, perencanaan, eksekusi, *monitoring* dan *controlling*, *closing*), dan juga beberapa cakupan ilmu pengetahuan, salah satunya yaitu manajemen risiko proyek. Risiko



proyek merupakan suatu kejadian atau kondisi yang tidak pasti yang jika terjadi dapat memberikan dampak pada proyek baik itu dampak positif maupun dampak negatif. Risiko tersebut dapat disebabkan oleh karena satu hal ataupun lebih, yang juga dapat memiliki satu dampak atau lebih. Risiko yang terdapat pada proyek memerlukan penanganan melalui manajemen analisis risiko. Analisis risiko proyek mencakup proses yang terkait dengan perencanaan, identifikasi, analisis, respon, *monitoring* dan *control* risiko dalam suatu proyek. Tujuan dari manajemen risiko proyek yaitu untuk meningkatkan *probability* dan dampak positif dari suatu kejadian, dan menurunkan *probability* dan dampak negatif dari suatu kejadian (PMI, 2013). Dalam manajemen risiko, faktor manusia menjadi hal yang sangat penting karena semua proses dalam manajemen risiko membutuhkan penilaian dari manusia (*human judgment*). Kontribusi yang diberikan oleh seseorang dalam proses manajemen risiko dipengaruhi oleh sikap risiko seseorang (*individual risk attitude*) yang membedakannya dengan mesin.

Perilaku terhadap risiko pada suatu proyek berdasarkan *human judgment* akan dipengaruhi oleh *risk attitude*. Menurut Hillson dan Murray (2007), terdapat perbedaan perilaku dalam setiap aktivitas manajemen risiko berdasarkan *attitude* seseorang (*risk-averse*, *risk-tolerance*, *risk-neutral*, *risk-seeking*). Situasi yang diduga juga dapat mempengaruhi proses analisis risiko seseorang salah satunya yaitu pengalaman. Individu atau kelompok yang menghadapi situasi yang tidak menentu dan mereka tidak memiliki pengetahuan sebelumnya atau pengalaman, kecenderungan akan memahami situasi lebih berisiko, yang mengarah ke reaksi menghindari risiko yang lebih besar Hillson dan Murray (2007).

Pada penelitian ini proyek yang dipilih adalah proyek skala besar yang dikerjakan oleh mahasiswa yaitu CHRONICS dan KKN dengan subjek penelitiannya yaitu mahasiswa. Oleh sebab penelitian ini bertujuan untuk melihat bagaimana pengaruh *risk attitude* dan pengalaman terhadap proses analisis risiko pada proyek mahasiswa.

2. Metodologi

Metode yang digunakan yaitu metode eksperimen dengan menggunakan kuesioner yang diberikan kepada 100 mahasiswa, dan hanya 92 kuesioner yang dianggap memenuhi kualifikasi. Dari 92 data tersebut maka responden dapat dikelompokkan menjadi 6 kelompok yaitu Risk-Seeking berpengalaman, Risk-Neutral berpengalaman, Risk-Averse berpengalaman, Risk-Seeking tidak berpengalaman, Risk-Neutral tidak berpengalaman, dan Risk-Averse tidak berpengalaman. Data diolah dengan melakukan uji independent t-test untuk melihat perbedaan diantara setiap kelompok tersebut.

2.1. Jenis data

Penelitian ini menggunakan data kuantitatif maupun kualitatif berupa hasil kuesioner dengan metode eksperimen mengenai pengaruh *risk attitude* dan pengalaman pada proses analisis risiko. Data tersebut akan dikelompokkan kedalam enam kelompok responden yang meliputi *risk-averse* berpengalaman, *risk-averse* tidak berpengalaman, *risk-neutral* berpengalaman, *risk-neutral* tidak berpengalaman, *risk-seeking* berpengalaman, dan *risk-seeking* tidak berpengalaman.

Kriteria pada kelompok *risk attitude* akan diperoleh dengan menggunakan kuesioner Holt & Laury, yang akan menunjukkan *risk attitude* dari setiap responden. Kriteria pengalaman diperoleh berdasarkan data pribadi responden yaitu pernah tidaknya responden terlibat dalam proyek yang telah dipilih pada penelitian ini yaitu proyek CHRONICS, dan KKN. Alasan pemilihan proyek dijelaskan pada pembahasan selanjutnya.

Data posisi responden dalam proyek yang dipilih akan dipertimbangkan untuk melihat pengaruhnya terhadap proses analisis risiko dalam proyek. Pengaruh posisi responden terhadap proses analisis risiko dapat membantu dalam memberikan hasil yang lebih akurat dalam penelitian ini. Posisi responden dalam proyek diduga berhubungan langsung dengan pengalaman, dimana pengalaman seseorang diduga akan mempengaruhi posisinya dalam proyek.



Sumber data pada penelitian ini meliputi mahasiswa Universitas Gadjah Mada yang sedang menempuh tahun terakhir kuliah, dengan tujuan dapat mewakili setiap kelompok data responden yang diinginkan.

2.2. Proyek penelitian

Proyek yang dipilih pada penelitian ini meliputi *Challenge On Product Design And Ergonomics* (CHRONICS), dan Kuliah Kerja Nyata (KKN). Setiap proyek memiliki karakteristik tersendiri yang dapat menolong penulis untuk melakukan penelitian mengenai proses analisis risiko pada beberapa jenis proyek yang berbeda. Karakteristik setiap proyek dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Chronics

Chronics merupakan proyek besar berskala internasional yang dikerjakan oleh Himpunan Mahasiswa Teknik Industri (HMTI) yang panitia dan pesertanya meliputi mahasiswa, sehingga penelitian mengenai proses analisis risiko dengan responden mahasiswa dapat didukung oleh proyek ini. Proyek ini membutuhkan waktu persiapan, seleksi, dan pelaksanaan yang cukup panjang ± 7 bulan. Selain itu biaya yang dibutuhkan cukup besar, persiapan yang dilakukan juga harus matang. Proyek yang dilakukan setiap tahun ini memiliki tema yang berbeda-beda setiap tahunnya, sehingga panitia, persiapan, dana, waktu pelaksanaan, permasalahan, risiko, dll yang dihadapi pun tidak selalu sama. Karakteristik proyek ini menjadi alasan yang menarik untuk dilakukan penelitian mengenai analisis risiko proyek.

2. KKN

KKN merupakan salah satu proyek cukup besar yang harus dilalui oleh setiap mahasiswa S1. Salah satu karakteristik dari proyek KKN yaitu kegiatannya dilakukan di luar lingkungan kampus. Persiapan yang dilakukan ± 1 bulan, pelaksanaannya juga ± 1 bulan, di lingkungan yang baru bagi mahasiswa, juga mahasiswa harus berinteraksi dengan orang baru. Proyek dengan karakteristik tersebut, mengakibatkan proyek ini menarik untuk dilakukan penelitian mengenai analisis risiko proyek.

2.3. Instrument penelitian

Instrumen penelitian ini meliputi

1. Kuisioner *Holt & Laury*

Digunakan untuk mengetahui *risk attitude* dari responden (*risk-averse*, *risk-neutral*, *risk-seeking*)

2. Kuisioner Proses Analisis Risiko

Digunakan untuk memperoleh data pengalaman responden, posisi responden dalam proyek, dan juga untuk memperoleh data proses analisis risiko oleh responden.

3. *Spreadsheet*

Spreadsheet digunakan sebagai media penyimpanan dan penyajian data setelah pengolahan. *Spreadsheet* juga dapat digunakan sebagai alat bantu pengolahan data sederhana

4. Software SPSS 16

Software SPSS 16 merupakan alat yang akan digunakan untuk melakukan analisis data penelitian.

2.4. Desain penelitian

1. *Design of Experiment*

Tabel 1 adalah tabel *design of experiment* yang menunjukkan kelompok responden penelitian.



Tabel 1 *Design of Experiment*

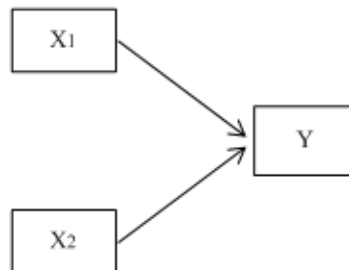
Kelompok	<i>Risk-Seeking</i>	<i>Risk-Neutral</i>	<i>Risk-Averse</i>
Berpengalaman	I	II	III
Tidak berpengalaman	IV	IV	VI

2. Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan data kuantitatif maupun kualitatif berupa hasil kuesioner dengan metode eksperimen mengenai pengaruh *risk attitude* dan pengalaman pada analisis risiko proyek.

Variabel yang pada penelitian meliputi :

- i. Variabel bebas (*Independent Variable*)
Variabel bebas pada penelitian ini yaitu meliputi dan *risk attitude* dan pengalaman.
 - ii. Variabel terikat (*Dependent Variable*)
Variabel terikat yaitu perilaku pada proses analisis risiko
- Hubungan antar variabel penelitian dapat ditunjukkan pada Gambar 1



X1 = *Risk Attitude*

X2 = Pengalaman

Y = Perilaku pada proses analisis risiko

Gambar 1 Hubungan Variabel Penelitian

2.5. Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dari awal hingga akhir adalah :

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan pada tahap awal dengan tujuan untuk memahami konsep terkait dengan penelitian ini yaitu mengenai pengaruh *risk attitude* dan pengalaman terhadap analisis risiko proyek. Studi literatur juga dilakukan untuk mencari penelitian terdahulu mengenai penelitian terkait dengan konsep pada penelitian sekarang.

2. Membuat rencana penelitian

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, ditemukan masalah, tujuan penelitian, sehingga rencana penelitian dapat mulai dilakukan. Rencana penelitian meliputi penentuan metode penelitian mulai dari sumber data, populasi, penentuan teknik sampling, instrumentasi, dan rencana waktu pelaksanaan.

3. Membangun kuesioner

Kuesioner terdiri dari dua bagian besar yaitu kuesioner tentang *risk attitude* dan kuesioner dengan analisis risiko. Informasi mengenai pengalaman akan diperoleh dari data pribadi responden. Kuesioner tentang *risk attitude* menggunakan kuesioner metode lotre *Holt and*



Laury. Kuesioner tentang proses analisis risiko dibangun dengan mengikuti proses analisis risiko yang terdiri dari identifikasi risiko, penilaian risiko, dan tanggapan terhadap risiko. Untuk identifikasi risiko ditentukan berdasarkan pengumpulan data awal yang dilakukan sebelumnya terhadap sejumlah responden non-*sampel* untuk mengetahui risiko-risiko apa saja yang teridentifikasi pada setiap proyek. Pada kuesioner analisis risiko, untuk mengisi data identifikasi risiko, responden akan memilih beberapa dari sekian banyak risiko yang telah teridentifikasi sesuai hasil data awal dari responden yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk menghindari risiko yang terlalu luas ataupun identifikasi terhadap sesuatu yang bukan risiko.

4. Melaksanakan *pilot study*

Sebelum dilakukan pengambilan data, *pilot study* dilakukan untuk menguji efektivitas instrumen sebagai alat komunikasi antara peneliti dengan responden *sampel*. *Pilot study* dilakukan pada responden non-*sampel* yang dilakukan dengan memberikan kuesioner dan lembar *pilot study* sebagai lembar penilaian terhadap instrumen kuesioner. *Pilot study* dilakukan agar diperoleh masukan-masukan yang bersifat kualitatif untuk perbaikan terhadap kuesioner.

1. Mengumpulkan data

Pengumpulan data dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada responden. Kuesioner yang disebarkan dalam bentuk *hard copy* yang diberikan secara langsung.

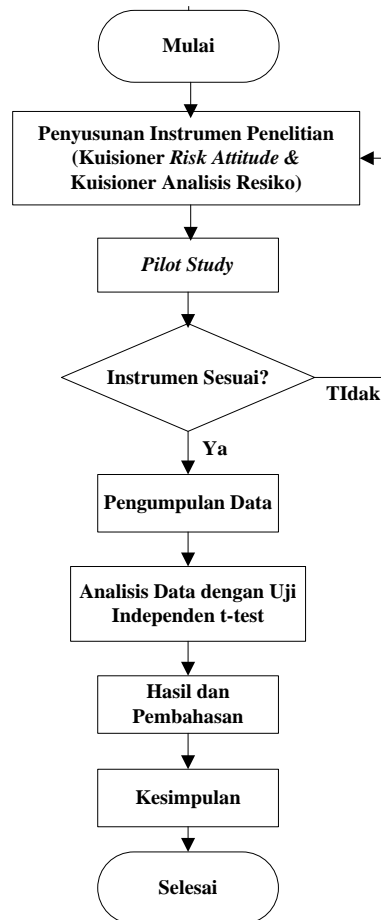
2. Melakukan analisis data

Analisis dan pengolahan data pertama-tama dilakukan dengan mengkuantitatifkan data kualitatif yang telah diperoleh. Data kualitatif berupa *risk attitude* di proyek. Data kualitatif yang dikuantitatifkan yaitu jumlah risiko negatif maupun positif yang teridentifikasi, jumlah penilaian risiko berdasarkan *probability and impact matrix*, baik yang kecil, sedang, maupun besar.

3. Membuat laporan penelitian

Hasil analisis data ditulis secara sistematis dalam sebuah laporan penelitian, kemudian ditutup dengan hasil analisis data dan kesimpulan. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2





Gambar 2 Tahapan Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penyusunan kuesioner

Kuesioner yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu *profile* responden, penilaian sikap risiko responden, dan proses analisis risiko. Penyusunan kuesioner dimulai dengan memilih metode yang akan digunakan untuk mengetahui sikap risiko. Penelitian ini tidak melakukan pengujian alat ukur yang paling efektif, tetapi mengacu pada suatu referensi atau penelitian terdahulu yang telah melakukan evaluasi terhadap alat ukur *risk attitude*. Menurut Dewi (2015), penentuan alat ukur yang paling efektif dan efisien tergantung pada tujuan atau aspek yang akan dievaluasi, sebagai contoh, alat ukur HL lebih direkomendasikan ketika akan digunakan untuk mengidentifikasi *risk attitude* secara umum. Mengacu pada hasil penelitian mengenai evaluasi alat ukur *risk attitude* maka pada penelitian ini digunakan pengukuran *risk attitude* dengan menggunakan metode eksperimen *Holt Laury*.

Bagian kuesioner yang ketiga yaitu mengenai analisis risiko. Kuesioner dibuat dengan mengikuti proses analisis risiko dimana setiap responden akan melakukan proses analisis risiko tersebut mulai dari identifikasi risiko, penilaian risiko sampai kepada menanggapi risiko. Kesulitan responden dalam mengidentifikasi risiko sesuai dengan hasil percobaan pertama mengisi kuesioner yaitu pemahaman responden tentang identifikasi risiko proyek yang benar masih kurang. Hal ini mendorong peneliti untuk memikirkan metode identifikasi risiko yang lebih baik. Melakukan identifikasi risiko dengan cara memilih sejumlah risiko dari beberapa risiko yang telah ditentukan oleh peneliti menjadi metode yang digunakan pada kuesioner untuk proses



identifikasi risiko. Risiko yang ditentukan oleh peneliti diperoleh dari data awal identifikasi risiko oleh responden *non sample* yang terdiri dari 12 responden untuk proyek CHRONICS dan 16 responden untuk proyek KKN. Hasil identifikasi risiko awal dianalisis dan ditemukan 16 risiko teridentifikasi pada masing-masing proyek. Dari 16 risiko teridentifikasi, responden memilih maksimal 9 risiko pada proses identifikasi risiko. Risiko tersebut disajikan dalam bentuk kartu dimana setiap kartu mewakili satu risiko teridentifikasi. Penyajian 16 risiko tersebut dilakukan dengan menyediakan 16 kartu untuk setiap proyek dimana setiap risiko dituliskan pada satu kartu. Struktur kuesioner dapat ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2 Struktur Kuesioner

Variabel	Deskripsi	Keterangan
Profile Responden	Nama	Pertanyaan terbuka
	Umur	Pertanyaan terbuka
	Pengalaman Organisasi	Pertanyaan Pilihan
	Posisi dalam Organisasi	Pertanyaan terbuka
	Email	Pertanyaan terbuka
Penilaian Sikap Risiko	Skenario Holt & Laury	Mengikuti Skenario Holt & Laury
Proses Analisis Risiko	Identifikasi Risiko	Memilih maksimal 9 risiko dari 16 risiko teridentifikasi
	Penilaian Risiko: Probability	Menentukan peluang terjadinya risiko (1 – 100%)
	Impact	Menentukan dampak risiko (sepele, kecil, sedang, besar, sangat besar)
	Tanggapan Risiko	Menentukan tanggapan terhadap risiko

3.2. Pilot study

Pilot Study dilakukan untuk menguji keefektifan kuesioner yang akan digunakan, juga untuk menguji validasi konten dan tampilan kuesioner. Hasil *pilot study* menjadi masukan untuk membuat kuesioner sesuai evaluasi yang diperoleh pada *pilot study*. *Pilot study* dilakukan pada bulan Februari 2017.

1. Responden *pilot study*

Responden diberikan kode tertentu untuk menjaga kerahasiaan identitas responden. Responden untuk *pilot study* dapat ditunjukkan pada Tabel 3

Tabel 3 Responden *Pilot Study*

No.	Responden	Kode Responden	Jumlah
1.	Dosen	D1, D2	2
2.	Mahasiswa	M1, M2, M3, M4	4
Jumlah			6

2. Hasil *Pilot Study*

Pada *pilot Study* responden mengisi kuesioner sesuai dengan *task* yang terdapat pada kuesioner tersebut, kemudian menjawab 8 pertanyaan *pilot study* yang menjadi bahan perbaikan terhadap kuesioner. *Pilot study* dilakukan dengan 3 kali iterasi sampai menghasilkan kuesioner yang dianggap paling tepat untuk melakukan pengambilan data. Iterasi pertama yaitu setelah melakukan *pilot study* dengan responden M1, dimana ada beberapa masukan secara lisan yang



dicatat oleh peneliti. Kemudian iterasi kedua dilakukan setelah melakukan *pilot study* kepada M2, M3, M4. Iterasi terakhir dilakukan setelah D1 dan D2 mengisi kuesioner *pilot study*. Setelah iterasi ketiga, kuesioner dianggap valid untuk menjadi instrumen pada pengambilan data.

3.3. Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan pada bulan April 2017 kepada responden yang masih aktif kuliah pada tahun terakhir masa kuliah. Pengambilan data dilakukan pada mahasiswa secara langsung pada 2 waktu yang berbeda yaitu tanggal 6 April dan tanggal 11 April masing-masing pada pukul \pm 08:15 – 08:45. Kuesioner yang disebarkan pada waktu pengambilan data masing-masing berjumlah 50 kuesioner, sehingga total kuesioner yang disebarkan berjumlah 100 kuesioner. Dari 100 kuesioner yang disebarkan hanya 92 kuesioner yang diterima karena kuesioner diisikan sesuai dengan *task* yang diberikan, sedangkan 8 diantaranya dianggap *reject* karena ada bagian kuesioner yang tidak diisi dan tidak bisa dilakukan analisis terhadap kuesioner tersebut.

3.4. Analisis data

Analisis data yang dilakukan pada kuesioner *Holt & Laury* dan *profile* responden menghasilkan jumlah responden pada setiap kelompok *Risk-Seeking* berpengalaman, *Risk-Neutral* berpengalaman, *Risk-Averse* berpengalaman, *Risk-Seeking* tidak berpengalaman, *Risk-Neutral* tidak berpengalaman, dan *Risk-Averse* tidak berpengalaman. Kelompok responden tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 4

Tabel 4 Kelompok Responden

Kelompok	<i>Risk-Seeking</i>	<i>Risk-Neutral</i>	<i>Risk-Averse</i>
Berpengalaman	17 responden	13 responden	20 responden
Tidak berpengalaman	19 responden	10 responden	13 responden

1. Uji normalitas data

a. Identifikasi risiko

Penilaian terhadap identifikasi risiko yaitu berdasarkan perbandingan jumlah risiko positif (peluang) dan risiko negatif (ancaman) yang diidentifikasi oleh setiap responden. *Risk attitude* akan mempengaruhi jumlah risiko yang diidentifikasi oleh responden. *Risk-averse* cenderung pesimis, mengidentifikasi banyak ancaman, dan melupakan atau mengabaikan peluang, sedang *Risk-seeker* cenderung optimis, menyadari adanya ancaman, dan cenderung melebih-lebihkan peluang (Hillson dan Murray, 2007). Pada penelitian ini variabel lain yang mempengaruhi proses identifikasi risiko responden yaitu pengalaman. Jumlah rata-rata risiko positif maupun negatif yang diidentifikasi oleh masing-masing kelompok responden dapat ditunjukkan pada Tabel 5

Tabel 5 Jumlah Risiko Teridentifikasi

Kelompok	Seeker		Neutral		Averse	
	Risiko Positif	Risiko Negatif	Risiko Positif	Risiko Negatif	Risiko Positif	Risiko Negatif
Pengalaman	35%	65%	37%	63%	27%	73%
Tidak Pengalaman	38%	62%	44%	56%	37%	63%

Pada uji kenormalan data hasil menunjukkan nilai Sig. untuk setiap kelompok data $> 0,05$, artinya data untuk setiap kelompok responden pada proses identifikasi risiko terdistribusi secara normal. Uji normalitas data untuk proses identifikasi risiko dapat ditunjukkan pada Gambar 3



Tests of Normality							
Kelompok		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nilai	Experienced Seeker	.162	17	.200 [*]	.927	17	.196
	Experienced Neutral	.154	13	.200 [*]	.934	13	.388
	Experienced Averse	.167	20	.145	.916	20	.082
	Inexperienced Seeker	.146	19	.200 [*]	.929	19	.163
	Inexperienced Neutral	.293	10	.015	.858	10	.073
	Inexperienced Averse	.188	13	.200 [*]	.922	13	.268

Gambar 3 Hasil Uji Normalitas Data pada Proses Identifikasi Risiko

b. Penilaian risiko

Penilaian risiko dianalisis berdasarkan jumlah penilaian risiko besar, sedang, dan kecil yang dilakukan responden. *Risk attitude* akan mempengaruhi penilaian risiko yang dilakukan oleh responden. *Risk-seeker* cenderung fokus pada *probabilita/kemungkinan* terjadinya risiko dibandingkan dampak dari suatu risiko. Perkiraan terhadap ancaman buruk lebih rendah. *Risk-averse* cenderung lebih fokus pada dampak daripada *probabilita/kemungkinan* terjadinya risiko, ancaman dianggap sebagai hal yang parah, tetapi setiap peluang dianggap kecil. Kasus yang menimbulkan ancaman diperkirakan tinggi. (Hillson dan Murray, 2007). Pada penelitian ini variabel lain yang mempengaruhi proses identifikasi risiko responden yaitu pengalaman. Jumlah rata-rata penilaian risiko kecil, sedang, dan besar pada masing-masing kelompok responden dapat ditunjukkan pada Tabel 6

Tabel 6 Penilaian Risiko Pada Kelompok Responden

Kelompok	Seeker			Neutral			Averse		
	Risiko Besar	Risiko Sedang	Risiko Kecil	Risiko Besar	Risiko Sedang	Risiko Kecil	Risiko Besar	Risiko Sedang	Risiko Kecil
Pengalaman	46%	40%	14%	63%	18%	19%	57%	31%	12%
Tidak Pengalaman	53%	37%	10%	39%	47%	14%	57%	24%	19%

Hasil uji normalitas yang dilakukan menunjukkan nilai Sig. untuk setiap kelompok data $> 0,05$, artinya data untuk penilaian risiko terdistribusi normal. Hasil uji normalitas tersebut dapat ditunjukkan oleh Gambar 4

Tests of Normality							
Kelompok		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nilai	Experienced Seeker	.162	17	.200 [*]	.927	17	.196
	Experienced Neutral	.154	13	.200 [*]	.934	13	.388
	Experienced Averse	.167	20	.145	.916	20	.082
	Inexperienced Seeker	.146	19	.200 [*]	.929	19	.163
	Inexperienced Neutral	.293	10	.015	.858	10	.073
	Inexperienced Averse	.188	13	.200 [*]	.922	13	.268

Gambar 4 Hasil Uji Normalitas Data pada Proses Penilaian Risiko

2. Uji homogenitas data

a. Identifikasi risiko

Uji homogenitas yang dilakukan untuk proses identifikasi risiko menunjukkan nilai Sig. 0.053 $> 0,05$ menandakan bahwa data homogen. Hasil pengujian tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 5



Test of Homogeneity of Variances

Nilai

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.289	5	86	.053

Gambar 5 Hasil Uji Homogenitas Proses Identifikasi Risiko

b. Penilaian risiko

Uji homogenitas yang dilakukan untuk proses penilaian risiko menunjukkan nilai Sig. 0.103 > 0,05 menandakan bahwa data homogen. Hasil pengujian tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 6

Test of Homogeneity of Variances

Nilai

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.896	5	86	.103

Gambar 6 Hasil Uji Homogenitas Proses Penilaian Risiko

3. Uji independen t-test

Uji independen t-test atau uji beda dilakukan untuk melihat hubungan antar setiap kelompok, dalam penelitian ini yaitu hubungan antara kelompok *Risk-Seeking* berpengalaman, *Risk-Neutral* berpengalaman, *Risk-Averse* berpengalaman, *Risk-Seeking* tidak berpengalaman, *Risk-Neutral* tidak berpengalaman, dan *Risk-Averse* tidak berpengalaman. Dengan melakukan uji beda dapat diketahui apakah setiap kelompok terdapat perbedaan atau tidak.

Uji independen t-test atau uji beda dilakukan dengan membandingkan satu persatu setiap kelompok responden baik pada proses identifikasi risiko maupun pada proses penilaian risiko. Dengan mengetahui perbedaan antara kelompok data yang ada akan lebih mudah memberikan kesimpulan mengenai pengaruh *risk attitude* dan pengalaman terhadap analisis risiko proyek.

Hipotesis:

- H_0 : Tidak terdapat perbedaan mengidentifikasi/menilai risiko antar kelompok
- H_1 : Terdapat perbedaan mengidentifikasi/menilai risiko antar kelompok

Dasar pengambilan keputusan:

- Jika nilai signifikansi Sig.(2-Tailed) > 0,05, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak
- Jika nilai signifikansi Sig.(2-Tailed) < 0,05, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

Pada proses identifikasi dan penilaian risiko nilai Sig.(2-Tailed) > 0,05 pada setiap kelompok responden yang dibandingkan atau diuji, artinya tidak terdapat perbedaan dalam mengidentifikasi maupun menilai suatu risiko untuk setiap kelompok responden. Dengan kata lain *risk attitude* dan pengalaman tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap proses analisis risiko.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Risk attitude* dan pengalaman tidak berpengaruh secara signifikan pada proses identifikasi risiko pada proyek berbasis mahasiswa.
2. *Risk attitude* dan pengalaman tidak berpengaruh secara signifikan pada proses penilaian risiko pada proyek berbasis mahasiswa



4.2. Saran

Pada penelitian ini beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Penelitian ini menganalisis proses analisis risiko proyek berdasarkan variabel *risk attitude* dan pengalaman. Pada penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan variabel lain yang dapat berpengaruh pada proses analisis risiko.
2. Pada penelitian ini, proyek yang dipilih adalah proyek berbasis mahasiswa, tetapi subjek penelitian terbatas pada satu kelompok mahasiswa saja (Mahasiswa S1 Tek.Industri UGM). Pada penelitian selanjutnya subjek penelitian dapat dilakukan terhadap mahasiswa secara lebih luas.

Daftar Pustaka

- Chen, Y.Q., Zhang, S.J., Liu, L.S., dan Hu, J., 2013, Risk Perception And Propensity In Bid/No-Bid Decision-Making of Construction Projects, *Engineering, Construction and Architectural Management* Vol. 22, No. 1, pp. 2-20.
- Creswell, J.W., 2009, *Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approach*, 3th ed., SAGE publication, California.
- Dewi, R., K., 2015, *Tugas Akhir: Evaluasi Alat Ukur Risk Attitude*, Pascasarjana Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Estevez, R.A., Anderson, C.B., Pizarri, J.C., dan Burgman, M.A., 2014, Clarifying Values, Risk Perceptions, And Attitudes To Resolve Or Avoid Social Conflicts In Invasive Species Management, *Conservation Biology*, vol. 29, no. 1, pp. 19 - 30.
- Gabriel, I.J., Nyshadham, E., 2008, A Cognitive Map of People's Online Risk Perceptions and Attitudes: An Empirical Study, *Hawaii International Conference on System Sciences*, vol.41, pp. 274.
- Hillson, D., Murray, R., 2007, *Understanding and Managing Risk Attitude*, Gower Publishing Limited, England.
- Ika, L.A., Diallo, A., dan Thuillier, D., 2009, Project Management In The International Development Industry : The Project Coordinator's Perspective, *International Journal of Managing Projects in Business* vol. 3, no. 1, pp. 61- 93.
- Lu, S., Mo, L., 2009, The Differences on Risk Perception Ways in Construction Projects, *International Conference on Information Science and Engineering*, vol. 1, pp. 4556 – 4559.
- Muhamid, I., 2011, Risk Matrix For Factors Affecting Time Delay In Road Construction Projects: Owners' Perspective, *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 18, no. 6, pp. 609-617.
- Project Management Institute (PMI)., 2013, *A Guide to the Project Management Body Of Knowledge (PMBOK)*, 5th ed., USA.
- Santoso, B., 2003, *Manajemen Proyek*, 1st ed., Prima Printig, Surabaya.
- Schubert, R., 2006, Analyzing And Managing Risks – On The Importance Of Gender Differences In Risk Attitudes, *Managerial Finance*, vol. 32, no. 9, pp. 706 - 715.
- Wei, T., 2008, Research on Supply Chain Coordination Involving Risk-averse Agents, *International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, vol. 4, pp. 1 – 4.



Optimalisasi Persediaan Rantai Pasok Beras Berbasis Fuzzy Tsukamoto dengan Model Alpha Predikat Maksimal

Tita Talitha, Hasan Mastrisiswadi, Dwi Nurul Izzhati

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro
Jl. Nakula 1 No. 5-11 Semarang 50131
Telp. (024) 3555628
E-mail: titatalitha@gmail.com

Intisari

Tingginya kebutuhan konsumen terhadap beras secara langsung meningkatkan pertumbuhan produksinya. Pertumbuhan inilah yang terkadang membuat beberapa daerah mengalami kelebihan produksi sehingga membuat harga beras di wilayah tersebut sangat fluktuatif. Salah satu daerah yang mengalami permasalahan ini adalah Demak, Jawa Tengah. UD Rama sebagai unit penggilingan padi dan pengepul beras di wilayah tersebut sering mengalami kelebihan produksi sehingga kondisi rantai pasoknya menjadi tidak optimal. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan fuzzy. Proses fuzzy yang dilakukan menggunakan input data permintaan dan persediaan selama 24 periode, menghasilkan 6 himpunan fuzzy dan juga data pasokan beras optimal selama 24 periode yang harus disediakan oleh UD Rama. Nilai perbedaan fuzzy dengan aktual sebesar 32 ton beras dengan nilai MAD 32,038.

Kata Kunci: fuzzy, permintaan, persediaan, pasokan, optimal

1. Pendahuluan

Paradigma tentang logistik telah berubah seiring dengan berjalannya waktu. Dahulu logistik hanya dipandang sebagai pengatur persediaan dan transportasi saja. Namun saat ini, logistik memiliki peranan yang cukup penting dalam meningkatkan nilai suatu barang atau jasa. Studi mengenai logistik secara khusus dikaji dalam *Supply Chain Management (SCM)* yang bukan hanya mempelajari masalah penyediaan produk saja, namun juga melakukan optimalisasi seluruh potensi yang dimiliki dalam memenuhi permintaan dan kebutuhan pelanggan. Penggunaan SCM untuk mengelola alur logistik tidak hanya bisa diterapkan pada perusahaan-perusahaan besar saja tetapi juga pada produk-produk kebutuhan strategis nasional seperti beras.

Beras sebagai makanan pokok paling penting di Indonesia sangat memerlukan perencanaan yang strategis mulai dari ketersediaan pasokan hingga pendistribusiannya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, rata-rata konsumsi beras per kapita dalam seminggu pada tahun 2015 adalah sebesar 1.631 kg. Tingginya kebutuhan konsumen terhadap beras secara langsung meningkatkan pertumbuhan produksinya. Pertumbuhan inilah yang terkadang membuat beberapa daerah mengalami kelebihan produksi sehingga membuat harga beras di wilayah tersebut sangat fluktuatif. Salah satu daerah yang mengalami permasalahan ini adalah Demak, Jawa Tengah. UD Rama sebagai unit penggilingan padi dan pengepul beras di wilayah tersebut sering mengalami kelebihan produksi sehingga kondisi rantai pasoknya menjadi tidak optimal.

Kondisi rantai pasok yang fluktuatif/tidak pasti merupakan dampak dari distorsi informasi yang dinamakan *bullwhip*. Menurut Lee et al. (1997) beberapa penyebab *bullwhip* adalah peramalan permintaan, *batching* pemesanan, fluktuasi harga, dan kemampuan pasokan. Rantai



pasok dalam kenyataannya berada dalam lingkungan ketidakpastian di mana banyak sumber dan tipe ketidakpastian terjadi, seperti kejadian tak terduga, ketidakpastian dalam pengambilan keputusan, kurangnya bukti atau kepastian bukti yang muncul pada permintaan, produksi dan penyediaan (Petrovic *et al.*, 1999). Permasalahan inilah yang juga terjadi pada rantai pasok beras. Penggunaan metode *fuzzy* sangat tepat diterapkan untuk mengatasi permasalahan ketidakpastian karena *fuzzy* dapat mengembangkan sistem kecerdasan dalam lingkungan yang tak pasti dan tidak tepat (Marimin, 2005) selain itu *fuzzy* juga sangat fleksibel, memiliki toleransi yang tinggi dan mampu memodelkan fungsi-fungsi non-linier yang kompleks. Karena itulah Petrovic *et al.* (1999) dan Getharamani *et al.* (2006) menerapkan logika *fuzzy* dalam manajemen rantai pasok. Tidak hanya itu, penggunaan logika *fuzzy* untuk menyelesaikan masalah ketidakpastian dalam rantai pasok juga diterapkan oleh Cheng, et al (2016), Carvalho & Costa (2017), dan Patowary et al (2017). Logika *fuzzy* menyediakan *framework* yang sesuai untuk menggambarkan dan menangani ketidakpastian yang berkaitan dengan ketidaktepatan (Petrovic *et al.*, 1999). Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan persediaan rantai pasok beras di Jawa Tengah pada umumnya, dan UD Rama pada khususnya, penelitian ini akan menggunakan logika *fuzzy*.

Fuzzy

Fuzzy logic (Logika *fuzzy*) merupakan suatu logika yang tidak hanya menentukan suatu keputusan dalam skala 0 dan 1 seperti pada logika Boolean, tetapi lebih kepada nilai di antaranya. Salah satu metode *fuzzy* yang sering digunakan adalah metode tsukamoto. Metode ini telah dinilai berhasil dalam menyelesaikan berbagai permasalahan, seperti yang dilakukan oleh Sholihin, dkk (2013), Abdurrahman (2011), dan Kaswidjanti (2014). Dalam metode tsukamoto, masing-masing aturan direpresentasikan menggunakan himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Untuk mendapatkan nilai output yang tegas (Z), input diubah menjadi suatu bilangan dalam domain himpunan *fuzzy*. Input ini dapat diperoleh dari aturan-aturan *fuzzy* yang dibuat (Sholihin, dkk, 2013). Secara umum, tahapan dalam logika *fuzzy* ini adalah sebagai berikut:

- a. Fuzzyfikasi
Tahapan pertama dalam logika *fuzzy* adalah mengubah input yang nilai kebenarannya pasti menjadi bentuk *fuzzy* input yang berupa tingkat keanggotaan/kebenaran. Tahapan ini dinamakan *fuzzyfikasi*. Pada tahapan ini variabel-variabel numerik akan diubah menjadi variabel linguistik. Dengan demikian, nilai-nilai *crisp* akan diambil dan ditentukan derajat dimana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari masing-masing himpunan *fuzzy* yang sesuai.
- b. Inferensi
Sebelum memasuki tahapan *interference*, logika *fuzzy* memerlukan suatu *rules* untuk menghasilkan output. Secara sintaks, *rules* tersebut dituliskan sebagai berikut:
IF *antecedent* THEN *consequent*
Setelah *rules* ditentukan, baru tahapan inferensi dapat dilakukan. Inferensi merupakan proses penggabungan banyak aturan (*rule*) berdasarkan data yang tersedia dengan tujuan mengubah input menjadi output dengan mengikuti *rules* yang telah ditentukan.
- c. Defuzzyfikasi
Defuzzyfikasi digunakan untuk menerjemahkan himpunan nilai keluaran ke dalam nilai yang tegas yaitu menggunakan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan.

2. Metodologi

2.1. Pengambilan dan Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan di Desa Bungo Kecamatan Wedung Kabupaten Demak, mulai dari bulan April 2017 – November 2017. Jenis dan pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang



langsung dikumpulkan dari UD, sedangkan data sekunder merupakan data yang telah tersusun dalam bentuk dokumen tertulis yang diperoleh dari UD, literatur terdahulu maupun dari internet.

2.2. Variabel Penelitian

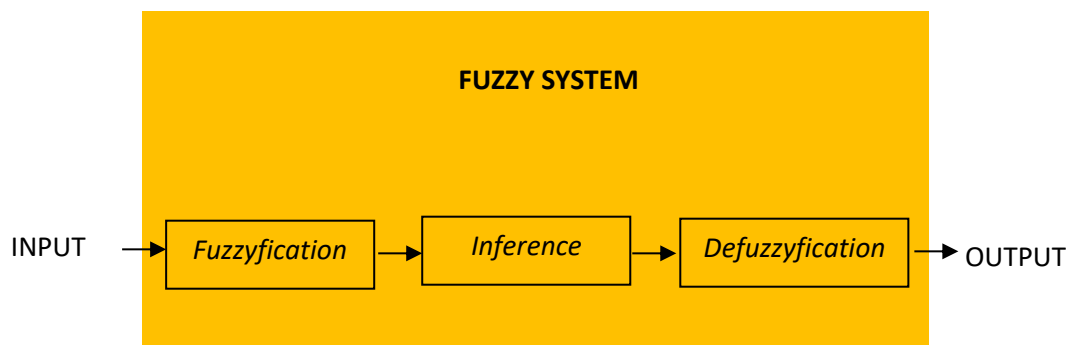
Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Data permintaan konsumen
- Jumlah pasokan
- Jumlah persediaan

2.3. Metode Analisis dan Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* (Gambar 1) dengan model *alpha* predikat maksimal. Metode *fuzzy Tsukamoto* adalah metode *fuzzy* dasar yang dirasa paling sesuai untuk mengatasi permasalahan yang ada pada UD Rama. Adapun variabel yang digunakan meliputi:

- Jenis grafik derajat keanggotaan (trapesium)
- Model *alpha* predikat (*max*)
- Logika rule (*and*)



Gambar 1. Tahapan pemodelan *fuzzy*
Sumber: Sholihin, dkk, 2013

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan sebagai input dalam metode *fuzzy* ini adalah data permintaan dan persediaan historis UD selama 24 periode. Data permintaan dan persediaan sebagai input untuk menghasilkan output berupa data pasokan. Data input dapat dilihat seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah permintaan dan persediaan beras UD Rama (dua tahun)

Periode (bulan)	Permintaan (ton)	Persediaan (ton)	Periode (bulan)	Permintaan (ton)	Persediaan (ton)
1	174	200	7	160	171
2	172	190	8	156	173
3	170	196	9	165	170
4	175	195	10	170	175
5	170	193	11	168	180
6	155	170	12	152	185



Periode (bulan)	Permintaan (ton)	Persediaan (ton)
13	175	192
14	175	195
15	174	196
16	170	200
17	175	200
18	155	192
19	150	170
20	154	175
21	168	180
22	157	179
23	160	180
24	159	170



Tahapan pertama dalam logika *fuzzy* adalah proses *fuzzyfikasi* (*fuzzyfication*). Pada tahapan ini variabel-variabel numerik diubah menjadi variabel linguistik. Dalam penelitian ini, terdapat tiga variabel yang dimodelkan dalam fungsi *fuzzyfikasi* seperti tabel berikut.

Tabel 2. Fungsi *fuzzyfikasi*

Variabel	Fungsi keanggotaan himpunan
Permintaan	$\mu_{\text{NAIK}}[X] = \begin{cases} 0; & x \leq 150 \\ \frac{x-150}{175-150}; & 150 \leq x \leq 175 \\ 1; & x \geq 175 \end{cases}$ $\mu_{\text{TURUN}}[X] = \begin{cases} 0; & x \leq 175 \\ \frac{175-x}{175-150}; & 150 \leq x \leq 175 \\ 1; & x \geq 150 \end{cases}$
Persediaan	$\mu_{\text{BANYAK}}[X] = \begin{cases} 0; & x \leq 170 \\ \frac{x-170}{200-170}; & 170 \leq x \leq 200 \\ 1; & x \geq 200 \end{cases}$ $\mu_{\text{SEDIKIT}}[X] = \begin{cases} 0; & x \leq 200 \\ \frac{200-x}{200-170}; & 170 \leq x \leq 200 \\ 1; & x \geq 170 \end{cases}$
Pasokan	$\mu_{\text{BERTAMBAH}}[X] = \begin{cases} 0; & z \leq 115 \\ \frac{z-115}{255-115}; & 115 \leq z \leq 255 \\ 1; & z \geq 255 \end{cases}$ $\mu_{\text{BERKURANG}}[X] = \begin{cases} 0; & z \leq 255 \\ \frac{255-z}{255-115}; & 115 \leq z \leq 255 \\ 1; & z \geq 115 \end{cases}$

Tahap selanjutnya adalah menentukan *rule* berdasarkan fungsi keanggotaan *fuzzy*. Aturan-aturan *fuzzy* dinyatakan dalam bentuk “IF.....THEN” yang merupakan inti dari relasi *fuzzy*. Berikut adalah *rule* yang digunakan untuk tahapan *defuzzyfikasi*:

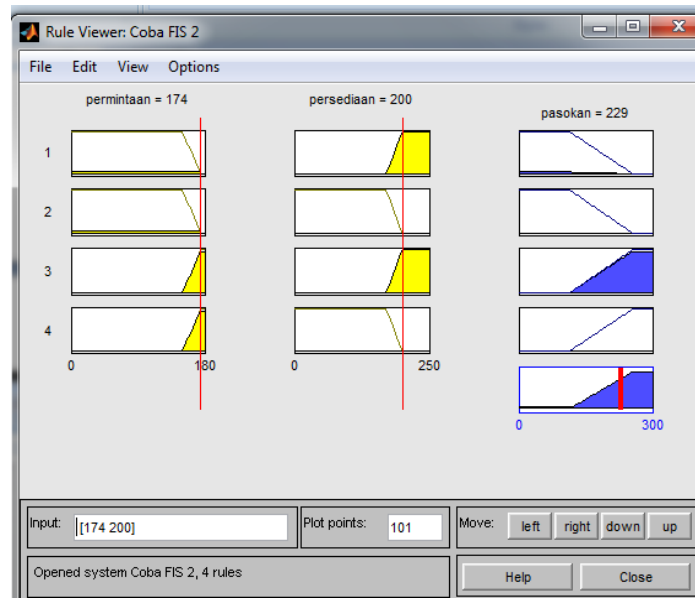
- [R1] **IF** Permintaan **TURUN** and Persediaan **BANYAK** **THEN** Pasokan Beras **BERKURANG**;
- [R2] **IF** Permintaan **TURUN** and Persediaan **SEDIKIT** **THEN** Pasokan Beras **BERKURANG**;
- [R3] **IF** Permintaan **NAIK** and Persediaan **BANYAK** **THEN** Pasokan Beras **BERTAMBAH**;
- [R4] **IF** Permintaan **NAIK** and Persediaan **SEDIKIT** **THEN** Pasokan Beras **BERTAMBAH**;

Setelah menentukan *rules*, tahapan selanjutnya adalah inferensi (*inference*). Inferensi merupakan proses penggabungan banyak aturan (*rule*) berdasarkan data yang tersedia dengan tujuan mengubah *input* menjadi *output* dengan mengikuti *rules* yang telah ditentukan. Dari tahap

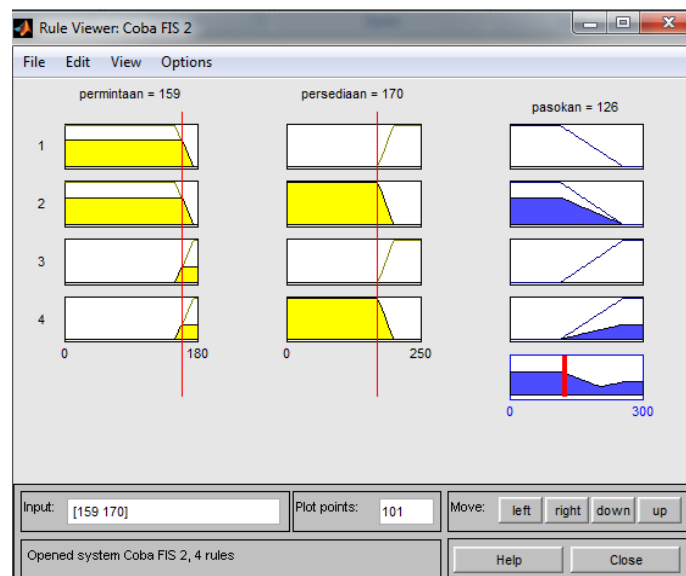


fuzzyfikasi hingga penentuan *rule* dihasilkan enam himpunan *fuzzy*, antara lain: permintaan NAIK, permintaan TURUN, persediaan BANYAK, persediaan SEDIKIT, pasokan BERTAMBAH, dan pasokan BERKURANG.

Setelah proses inferensi dilakukan, proses selanjutnya adalah *defuzzyfikasi*. *Defuzzyfikasi* digunakan untuk menerjemahkan himpunan nilai keluaran ke dalam nilai yang tegas yaitu menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai pada saat tahap *fuzzyfikasi*. Adapun contoh output dari *fuzzy* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Rekapitulasi hasil dari proses *fuzzy* selama 24 periode dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 2. Output *fuzzy* periode 1



Gambar 3. Output *fuzzy* periode 24



Dari Gambar 2, diketahui nilai input untuk proses *fuzzy* berupa data permintaan sebesar 174 dan persediaan sebesar 200 menghasilkan output berupa data pasokan sebesar 229. Nilai permintaan dan persediaan tersebut berdasarkan data historis UD pada periode pertama, sementara nilai pasokan merupakan jumlah beras yang harus disediakan oleh UD pada periode yang sama. Begitu juga dengan Gambar 3, nilai input untuk proses *fuzzy* berupa data permintaan sebesar 159 dan persediaan sebesar 170 berdasarkan data historis UD pada periode 24 menghasilkan output berupa nilai pasokan yang harus disediakan oleh UD pada periode tersebut sebesar 126.

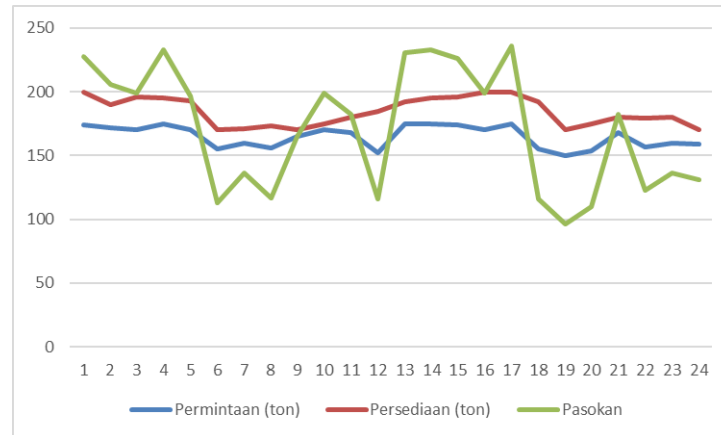
Adapun rekapitulasi data pasokan beras sebagai output hasil dari proses *fuzzy* yang dilakukan selama 24 periode tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah pasokan berdasar output *fuzzy*

Periode	Persediaan	Permintaan	Pasokan
1	200	174	229
2	190	172	208
3	196	170	199
4	195	175	236
5	193	170	197
6	170	155	109
7	171	160	131
8	173	156	113
9	170	165	162
10	175	170	199
11	180	168	180
12	185	152	104
13	192	175	236
14	195	175	236
15	196	174	228
16	200	170	199
17	200	175	236
18	192	155	110
19	170	150	96
20	175	154	106
21	180	168	180
22	179	157	117
23	180	160	131
24	170	159	126

Sumber: Olah data, 2017





Gambar 4. Grafik hasil perhitungan dengan *fuzzy*

Berdasarkan output *fuzzy* yang dihasilkan seperti pada Tabel 3 untuk mengetahui berapa besar perbedaan output *fuzzy* dengan data aktual dilakukan pengujian *error*. Nilai perbedaan *fuzzy* dengan aktual sebesar 32 ton beras dengan nilai MAD 32,038. Adapun hasil perhitungan dengan menggunakan *fuzzy* setelah dibuat ke dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4, dapat dilihat bahwa hasil perhitungan *fuzzy* tidak selalu sama dengan kedua inputnya.

4. Kesimpulan dan Saran

Proses *fuzzy* yang dilakukan menggunakan input berupa data permintaan dan persediaan UD Rama selama 24 periode. Dalam proses *fuzzy* yang dilakukan terdapat empat buah rules yang digunakan, yaitu: jika permintaan turun and persediaan banyak maka pasokan beras berkurang; jika permintaan turun and persediaan sedikit maka pasokan beras berkurang; jika permintaan naik and persediaan banyak maka pasokan beras bertambah; dan jika permintaan naik and persediaan sedikit maka pasokan beras bertambah. Dari empat *rules* tersebut, dihasilkan enam buah himpunan *fuzzy*, yaitu: permintaan naik, permintaan turun, persediaan banyak, persediaan sedikit, pasokan bertambah, dan pasokan berkurang. Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan *fuzzy*, didapatkan jumlah pasokan beras yang harus disediakan oleh UD Rama selama 24 periode yang dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai perbedaan *fuzzy* dengan aktual sebesar 32 ton beras dengan nilai MAD 32,038. Penelitian yang telah dilakukan ini dapat dikembangkan lagi dengan menambah variabel atau dengan menggunakan model *fuzzy* yang lain.

Daftar Pustaka

- Abdurrahman, G. (2011). *Penerapan Metode Tsukamoto (Logika Fuzzy) Dalam Sistem Pendukung Keputusan untuk Menentukan Jumlah Produksi Barang Berdasarkan Data Persediaan dan Jumlah Permintaan* (Doctoral dissertation, UNY).
- Carvalho, J. G., & Costa, C. T. (2017). Identification method for fuzzy forecasting models of time series. *Applied Soft Computing*, 50, 166-182.
- Cheng, S. H., Chen, S. M., & Jian, W. S. (2016). Fuzzy time series forecasting based on fuzzy logical relationships and similarity measures. *Information Sciences*, 327, 272-287.
- Getharamani, G.K. Thangafel, M. Karnan, and C. Elango, (2006). *ACSE Journal* 6: 47-52
- Kaswidjanti, W. (2014). Implementasi Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto Pada Pengambilan Keputusan Pemberian Kredit Pemilikan Rumah. *Telematika*, 10(2).
- Lee, H.L., V. Padmanabhan, and S. Whang. (1997). Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect. *Management Science*, 43, 546-58.
- Marimin, 2005. *Teori dan Aplikasi Sistem Pakar dalam Teknologi Managerial*. Bogor: IPB Press



- Patowary, A. N., Bhuyan, P. C., Dutta, M. P., Hazarika, J., & Hazarika, P. J. (2017). Development of a Time Series Model to Forecast Wheat Production in India. *Environment & Ecology*, 35(4D), 3313-3318.
- Petrovic, D., R. Roy, and R. Petrovic, (1999). Supply Chain Modelling Using Fuzzy Sets. *International Journal Production Economic* 59: 443-453
- Sholihin, M., Fuad, N., & Khamiliyah, N. (2013). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Warga Penerima Jamkesmas Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto. *J. Tek. Vol*, 5(2).



Kajian Literatur Efek *Sleep Deprivation* pada Performansi dan Atensi Pengemudi

Rayanda Utomo Abdianto, Titis Wijayanto

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telp. 085642432392
E-mail: rayanda.utomo.a@mail.ugm.ac.id

Intisari

Kecelakaan lalu lintas merupakan penyebab utama kematian pada pengemudi khususnya pada usia muda. Kecelakaan yang terjadi mayoritas dikarenakan faktor human eror. Salah satu faktor human eror yang sering terjadi adalah kurangnya waktu tidur yang dialami seseorang dimalam hari (sleep deprivation). Faktor ini menjadi masalah utama dalam kecelakaan akan tetapi kebanyakan pengemudi tidak peduli dengan kondisi ini meskipun memiliki dampak negatif yang sangat besar. Dengan kondisi fisik yang tidak normal (kelelahan, mengantuk) maka tingkat kewaspaan pengemudi akan berkurang memungkinkan untuk terjadi microsleep. Pada jurnal kajian ini, peneliti mencoba mengkaji penelitian terkait sleep deprivation yang berhubungan psikofisik dan performansi pengemudi. Selain itu, peneliti mengkaji metode – metode pengukuran yang digunakan pada penelitian – penelitian sebelumnya.

Kata Kunci : Driving, Sleep Deprivation, Sleepiness.

1. Pendahuluan

Kecelakaan lalu lintas merupakan penyebab utama kematian terhadap pengemudi di usia muda khususnya pada negara berkembang seperti Indonesia. ADB-ASEAN melaporkan dalam *regional road safety* bahwa pada 2005 terjadi 1537 kasus kecelakaan dimana 1300 kasus disebabkan oleh faktor manusia. Selain itu, data WHO menyebutkan bahwa 90% kecelakaan terjadi di negara berkembang dimana 48% diantaranya melibatkan pengemudi pada rentang umur 15 sampai 44 tahun dan 73% daripadanya berusia dibawah 25 tahun (WHO, 2017). Menurut Treat, dkk. (1979) terdapat 3 faktor penyebab terjadinya kecelakaan yaitu faktor kendaraan, faktor lingkungan, dan faktor manusia. Akan tetapi 90% dari kecelakaan yang terjadi dikarenakan faktor manusia (Isnainiyah, dkk., 2014). De Waard (1996) menjelaskan bahwa kecelakaan yang terjadi dikaitkan dengan kegagalan manusia (*human eror*). Regan dkk. (2011) menyebutkan bahwa kegagalan manusia dalam memprediksi, merespon, dan mendiagnosa situasi dapat meningkatkan kemungkinan kecelakaan di jalan raya.

Kecelakaan yang terjadi karena faktor *human eror* dapat disebabkan oleh kondisi mengantuk karena kekurangan waktu tidur yang dialami pengemudi (Gaba dan Howard, 2012). Verster, J.C., dkk. (2011) menyebutkan bahwa terjadinya peningkatan resiko kecelakaan diakibatkan kurangnya waktu tidur pada pengemudi. Dalam kondisi kekurangan tidur (*Sleep Deprivation*) pengemudi akan mengalami penurunan atensi saat berkendara khususnya pada pengemudi diusia 21 hingga 31 tahun yang mana lebih tidak tahan terhadap efek *sleep deprivation* (Adam, dkk., 2006). Pengemudi dengan tingkat atensi yang cenderung lemah karena efek *sleep deprivation* dapat dipastikan tidak mampu menjalankan proses kognitif dengan baik dibandingkan dengan



pengemudi dengan waktu tidur yang cukup dimana kondisi pengemudi akan cenderung stabil (Killgore, 2010)

Oleh sebab itu, tidak dapat dipungkiri bahwa *Sleep Deprivation* berkontribusi besar terhadap terjadinya kecelakaan di lalu lintas. Hal tersebut dikarenakan adanya penurunan atensi serta performansi pengemudi dalam mengendalikan kendaraannya. Jurnal ini nantinya akan mengkaji literatur terkait dengan pengaruh kekurangan tidur (*Sleep Deprivation*) dan kondisi waktu tidur cukup terhadap tingkat atensi visual pengemudi dari beberapa penelitian yang telah dilakukan.

2. Metodologi

Penyusunan kajian literature mengenai *sleep deprivation* dan tidur normal pada pengemudi dilakukan terhadap penelitian – penelitian maupun sumber yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun langkah – langkah yang digunakan untuk kajian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan topik yang akan dikaji. Tahapan ini merupakan tahap awal dimana peneliti akan mencari topik yang masih dapat dikembangkan untuk mendapatkan hasil terbaru. Dalam kajian ini, topik yang akan dipilih terkait dengan efek *sleep deprivation* dan tidur normal terhadap atensi visual pada pengemudi. Topik ini dipilih karena hingga hari ini, kasus kecelakaan lalu lintas yang terjadi banyak diakibatkan oleh kondisi pengemudi yang mengantuk dalam mengontrol kendaraan karena kurangnya jumlah waktu tidur pengemudi.
2. Pencarian sumber literature yang berkaitan dengan topik penelitian dilakukan untuk mendukung teori – teori dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Sumber literature didapatkan dari berbagai penelitian – penelitian terdahulu, buku, website, maupun informasi – informasi lain yang telah valid.
3. Penyaringan informasi yang akan digunakan merupakan tahap penting setelah mendapatkan informasi dari sumber – sumber yang ada. Hal ini penting dilakukan untuk memastikan bahwa informasi yang didapat benar terkait pada topik penelitian. Relevansi informasi dengan topik penelitian merupakan hal utama dalam membangun sebuah kajian literature. Informasi – informasi yang akurat, tepat, dan sesuai dengan kebutuhan peneliti dapat meningkatkan capaian hasil dari penelitian yang akan dilakukan.
4. Tahap terakhir adalah penulisan jurnal kajian literature. Dalam penulisan kajian literature, peneliti akan meringkas hasil daripada sumber – sumber yang telah didapatkan. Ringkasan penelitian menyertakan kelebihan dan kelemahan dari hasil penelitian yang dilakukan serta metode yang digunakan. Pada hasil jurnal ini akan membagi topik penelitian kedalam beberapa bagian yaitu mengenai *sleep deprivation*, atensi visual, dan metode penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Sleep Deprivation

Kondisi *sleep deprivation* merupakan kondisi subjektif yang mampu membuat orang merasa mengantuk saat melakukan pekerjaan atau aktifitas seperti mengemudi (Sivaramakrishnan, dkk., 2011). Kondisi ini disebabkan seseorang mengalami kekurangan waktu tidurnya sehingga mengalami perasaan sangat mengantuk hingga *microsleep*. Kondisi ini akan berakibat fatal jika seseorang sedang dalam beraktifitas seperti mengemudi karena menurunnya tingkat kewaspadaan pada kondisi tersebut. Penelitian – penelitian yang telah dilakukan dengan mengangkat topik ini telah meyakini bahwa kondisi *sleep deprivation* sangat membahayakan baik untuk pengemudi itu sendiri maupun pengguna jalan lainnya.

Snyder (2003) menyebutkan bahwa *sleep deprivation* terbagi dalam 3 kategori yaitu *partial deprivation* dimana seseorang tidur kurang dari 5 jam dalam satu hari, *short-term total sleep deprivation* yaitu kondisi seseorang yang tidak tidur selama 24 hingga 48 jam, dan *long-term*



total sleep deprivation yakni kondisi seseorang yang tidak tidur lebih dari 48 jam. Pressman (1997) menjelaskan bahwa *sleep deprivation* memberikan efek negative terhadap proses kognitif, sikap, psikologis, dan emosi seseorang. Hal ini senada dengan Goel, dkk. (2009) yang menyebutkan bahwa ketika seseorang dipaksa untuk terbangun lebih dari 16 jam sehari, maka akan terjadi penurunan tingkat reaksi terhadap sesuatu yang terjadi dalam aktifitasnya serta penurunan performansi.

Beberapa peneliti mengaitkan efek *sleep deprivation* pada pengemudi terhadap beberapa variable yang berhubungan dengan proses kognitif. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Isnainiyah, dkk. (2014) terkait dengan efek *sleep deprivation* pada kecepatan reaksi menunjukkan bahwa kondisi *sleep deprivation* akan menurunkan tingkat reaksi pengemudi 1.08 detik dibandingkan pada kondisi tidur normal. Selain itu, performansi pengemudi dengan keadaan mengantuk lebih rendah dibandingkan dengan pengemudi yang memiliki jam tidur normal. Akan tetapi, hasil penelitian Smith, dkk. (2009) telah membuktikan sebelumnya bahwa tingkat respon pengemudi terhadap *hazard* yang ada pada lingkungannya juga dipengaruhi oleh tingkat pengalaman pengemudi dalam berkendara. Hal ini disebabkan oleh tingkat kewaspadaan dan emosi pengemudi yang telah berpengalaman lebih baik dibandingkan yang tidak berpengalaman. Howard, dkk. (2012) melakukan penelitian terkait *sleep deprivation* selama 24 jam dengan pemberian alkohol dan non alkohol terhadap waktu reaksi dan aktifitas gelombang otak. Dalam penelitian ini, hasil menunjukkan bahwa waktu reaksi yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan kondisi waktu tidur normal. Selain itu, *sleep deprivation* juga berefek pada aktifitas gelombang *alpha* dan *tetha* pada EEG serta meningkatnya intensitas kedipan mata. Namun efek alkohol hanya berpengaruh terhadap perubahan performansi pengemudi. Penelitian mengenai *sleep deprivation* lainnya yang berkaitan dengan fluktuasi gelombang otak dilakukan oleh Perrier, J., dkk. (2016). Perrier, J. dkk. (2015) melakukan penelitian mengenai *total sleep deprivation* dimana responden tidak tidur selama 24 jam. Penelitian ini mengukur kondisi gelombang otak menggunakan EEG dan performansi pengemudi terhadap perlakuan *sleep deprivation* dan *normal sleep*. Hasil penelitian ini menyebutkan bahwa terdapat korelasi yang signifikan antara performansi pengemudi dan jumlah waktu tidur pengemudi. Selain itu, *sleep deprivation* juga meningkatkan fluktuasi dari gelombang *alpha* dan *tetha* yang dipantau melalui EEG. Peneliti lain melakukan penelitian terkait *sleep deprivation* dengan konsumsi kafein. Biggs, S. dkk. (2007) melakukan penelitian terhadap pengemudi dalam kondisi *sleep deprivation* dan memberikan perlakuan dengan penggunaan kafein serta plasebo. Hasil penelitiannya mengungkapkan bahwa efek *sleep deprivation* setelah penggunaan Kafein memberikan pengaruh terhadap penurunan *subjective sleepiness* dan peningkatan performansi dalam mengemudi namun hal tersebut tidak terjadi pada perlakuan menggunakan plasebo. Hal ini kontradiktif dengan penelitian yang dilakukan oleh Dorrian, J., dkk. (2000) yang mana menyebutkan bahwa plasebo akan lebih berpengaruh terhadap penurunan khususnya pada *subjective sleepiness*. Hasil tersebut dapat disebabkan adanya sugesti responden yang dirasakan lebih kuat dibandingkan dengan menggunakan kafein. Tabel 1 menunjukkan perbandingan antara penelitian terdahulu yang telah dipaparkan sebelumnya.



Tabel 1. Perbandingan penelitian mengenai *sleep deprivation*

Penelitian Terdahulu	Obyek Penelitian	Hasil Penelitian	Keterangan	Saran Penelitian
Isnainiyah, dkk. (2014)	Pengaruh <i>sleep deprivation</i> pada waktu reaksi pengemudi terhadap lalu lintas.	<i>Sleep deprivation</i> menurunkan waktu reaksi pengemudi dan meningkatkan resiko kecelakaan lalu lintas .	Pengukuran <i>sleep deprivation</i> dilakukan dengan KSS sebagai <i>subjective sleepiness</i>	
Smith, dkk. (2009)	Pengaruh <i>sleep deprivation</i> terhadap tingkat kecelakaan pengemudi berpengalaman dan tidak berpengalaman	<i>Sleep deprivation</i> berpengaruh terhadap tingkat <i>hazard</i> pengemudi. Namun akan lebih berdampak pada pengemudi yang tidak berpengalaman	Penelitian dilakukan pada pukul 3 pagi dan 10 pagi.	Menambahkan analisis mengenai visual atensi karena atensi visual dapat memonitor tingkat kewaspadaan pengemudi.
Howard, dkk (2012)	Pengaruh <i>sleep deprivation</i> dengan perlakuan pemberian alkohol dan non alkohol terhadap <i>psychomotor vigilance task</i> . performansi pengemudi, EEG , dan <i>eye blink</i>	Waktu reaksi pengemudi yang mengalami <i>sleep deprivation</i> lebih lamban dan meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaa. Terjadi peningkatan fluktuasi gelombang <i>Alpha</i> dan <i>Tetha</i> pada aktifitas otak	<i>Sleep deprivation</i> dilakukan selama 23 jam.	



Penelitian Terdahulu	Obyek Penelitian	Hasil Penelitian	Keterangan	Saran Penelitian
Perrier, J., dkk (2016)	Dampak <i>sleep deprivation</i> terhadap <i>time on task</i> , Aktivitas otak, dan performansi mengemudi	<i>Sleep Deprivation</i> memberikan dampak terhadap performansi pengemudi jika dibandingkan dengan <i>normal sleep</i> . Adanya peningkatan gelombang <i>alpha</i> dan <i>theta</i> pada aktivitas mengemudi	<i>Sleep deprivation</i> dilakukan selama 24 jam. <i>Subjective Sleepiness</i> menggunakan KSS	Penelitian dilakukan menggunakan <i>driving simulator</i> .
Biggs, S. dkk., (2007)	Pengaruh <i>sleep deprivation</i> dengan pemberian kafein, dan plasebo terhadap performansi pengemudi.	Efek kafein memiliki korelasi pada perubahan hasil pada <i>subjective sleepiness</i> dan performansi mengemudi	<i>Sleep deprivation</i> dilakukan selama 17 jam. Kafein sebanyak 100 mg.	

3.2 Metode Pengukuran

Metode pengukuran dalam penelitian mengenai *sleep deprivation* terhadap performansi dan atensi pengemudi telah banyak digunakan. Metode pengambilan data untuk mendapatkan hasil performansi pengemudi adalah dengan menggunakan *driving simulator* (Banks, S., dkk., 2004; Akerstedt., dkk., 2005; Biggs, S., dkk., 2007; Howard, M., dkk., 2012; Isnainiyah, I., dkk., 2014). Selain menggunakan *driving simulator*, penelitian terkait performansi pengemudi dapat menggunakan *real driving* (Sanberg, dkk., 2011; Perrier, J., dkk., 2016; Vermeeren, dkk., 2016). Dari dua metode tersebut, peneliti mayoritas menggunakan *driving simulator* dalam penelitiannya. Kelebihan dari penggunaan *driving simulator* adalah tingkat fleksibilitas yang tinggi dimana simulator dapat diubah sesuai dengan kebutuhan peneliti. Selain itu, penggunaan *driving simulator* lebih aman dan tidak mengeluarkan banyak biaya saat penelitian. Adapun kekurangan dari penggunaan simulator adalah dibutuhkan usaha untuk menciptakan kondisi mengemudi sesuai dengan kondisi nyata. Hal ini tidak didapatkan ketika peneliti menggunakan *driving simulator* dibandingkan saat dengan *real driving*.

Perangkat lain yang dilakukan dalam penelitian *sleep deprivation* adalah penggunaan *subjective sleepiness*. Alat ini berbentuk kuesioner yang menunjukkan tingkat kantuk yang dialami responden. Beberapa responden menggunakan *Karolinska Sleepiness Scale* (KSS) dalam penelitiannya (Perrier, J., dkk., 2016; Isnainiyah, I., dkk., 2014; Howard, M., dkk., 2012; Biggs, S., dkk., 2007). Namun terdapat pengukuran *subjective sleepiness* lain yang digunakan seperti *Sleepiness Symptoms Questionnaire* (Howard, M., dkk., 2012) dan *Stanford Sleepiness Scale*



(Smith, dkk., 2009;). Ketiga metode tersebut dapat digunakan dalam mengukur rasa kantuk yang dialami responden. Namun, mayoritas peneliti lebih memilih menggunakan KSS dalam penelitiannya karena memiliki sensitifitas yang tinggi. Sedangkan *Stanford sleepiness scale* lebih mengarah kepada tingkat kewaspadaan (*alertness*) yang dirasakan oleh responden dimana pemberian kuesioner dilakukan tiap jam selama penelitian.

Pengukuran lainnya yang digunakan dalam penelitian *sleep deprivation* adalah menggunakan *Electroencephalography (EEG)*. Cain (2007) mengungkapkan bahwa EEG dapat digunakan dalam berbagai hal terutama pada pengukuran beban kerja yang dialami seseorang. Dalam *sleep deprivation*, EEG digunakan untuk mengukur gelombang otak terutama gelombang *alpha* dan *tetha* setelah kekurangan waktu jam tidur. Fluktuasi gelombang otak merupakan representasi otak dalam memproses suatu informasi yang akan berkorelasi tingkat atensi dan pengambilan keputusan (Freude dan Ullsperger, 1999). Young dan Sands (2009) menyebutkan bahwa dengan menggunakan EEG, respon pada otak seseorang terhadap suatu stimulus akan dapat terlihat. Oleh karenanya beberapa peneliti menggunakan EEG sebagai salah satu alat untuk mengukur efek dari *sleep deprivation* terhadap tugas yang diberikan seperti mengemudi (Perrier, J., dkk., 2016; Howard, M., dkk., 2012; Jackson, M., dkk., 2008; Biggs, S., dkk., 2007; Banks, S., dkk., 2004)

Pengukuran lain yang digunakan dalam penelitian mengenai *sleep deprivation* adalah dengan melihat pergerakan mata menggunakan *eye tracker*. Mata dapat menggambarkan tingkat kantuk yang dirasakan oleh seseorang dan tingkat konsentrasi seseorang (Gillberg, dkk., 1994; Nilsson, dkk., 1997). Howard, M., dkk., 2012 menyebutkan bahwa ketika seseorang merasakan kantuk maka terdapat peningkatan jumlah kedipan mata dan durasi kedipan mata untuk kembali terbuka. Selain itu, Wilson (2004) menyebutkan bahwa adanya peningkatan beban kognisi pada seseorang akan terlihat pada perubahan diameter pupil mata. Tabel 2 menunjukkan metode pengukuran yang telah digunakan oleh peneliti dalam penelitian terkait *sleep deprivation*.

Tabel 2. Metode Pengukuran dalam penelitian *sleep deprivation*

Metode Pengukuran	Penelitian Terdahulu	Kelebihan	Kekurangan	Keterangan
<i>Driving Simulator</i>	Banks, S., dkk. (2004)	Fleksibilitas tinggi, aman digunakan dan biaya lebih murah	Sulit untuk menyesuaikan dengan kondisi nyata dilapangan seperti kondisi mengemudi.	
	Akerstedt, dkk. (2005)			
	Biggs, S., dkk. (2007)			
	Howard, M., dkk. (2012)			
	Isnainiyah, dkk. (2014)			
<i>Real Driving</i>	Sanderg, dkk. (2011)	Responden dapat merasakan kondisi mengemudi yang nyata	Tingkat keamanan rendah, Pengaturan kendaraan tidak fleksibel	
	Perrier, J., dkk (2016)			



Metode Pengukuran		Penelitian Terdahulu	Kelebihan	Kekurangan	Keterangan
		Vermeeren, dkk. (2016)			
<i>Subjective sleepiness</i>	KSS	Perrier, J., dkk. (2016)	Dapat digunakan untuk menguji rasa kantuk secara sensitif dengan skala 1-9		
		Isnainiyah, dkk. (2014)			
		Howard, M., dkk. (2012)			
		Biggs, S., dkk. (2007)			
	SSQ	Howard, M., dkk. (2012)	Pengukuran tingkat kantuk		
		Nordbakke and Sagberg (2007)	dengan skala 1 - 7		
	SSS	Smith, dkk., 2009	Dapat digunakan untuk melihat derajat kewaspadaan secara kontinu		
<i>Electroencephalography (EEG)</i>		Perrier, J., dkk., (2016)	Dapat memonitor proses pengolahan informasi terhadap stimulus yang berhubungan dengan tingkat atensi, dan pengambilan keputusan		
		Howard, M., dkk., (2012)			
		Jackson, M., dkk. (2008)			
		Biggs, S., dkk. (2007)			
		Banks, S., dkk. (2004)			
<i>Eye-tracking device</i>		Gillberg, dkk. (1994)	Dapat digunakan untuk	Pengukuran harus presisi dan sensitif	



Metode Pengukuran	Penelitian Terdahulu	Kelebihan	Kekurangan	Keterangan
	Nilsson, dkk. (1997)	melihat kondisi responden saat mengantuk dengan melihat tingkat kedipan mata, serta mengetahui beban kognitif yang diterima dari perubahan diameter pupil mata.	pada intervensi cahaya / pantulan cahaya lainnya.	
	Howard, M., dkk. (2012)			
	Wilson (2004)			

4. Kesimpulan

Dalam kajian literatur diatas diketahui bahwa *sleep deprivation* dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas, namun faktor penentu dari efek *sleep deprivation* terhadap peningkatan angka kecelakaan akan semakin luas mengingat adanya peningkatan jumlah kendaraan setiap tahunnya dan kondisi sosial dimasyarakat khususnya di negara berkembang seperti Indonesia yang tergolong fluktuatif. Pada penelitian sebelumnya, sebagian besar peneliti menggunakan pengukuran subjektif dan performansi pengemudi terhadap lingkungannya untuk menentukan faktor penentu kecelakaan. Oleh karenanya untuk memperluas hasil penelitian, diperlukan suatu penelitian dengan analisis yang lebih mendalam mengenai efek *sleep deprivation* yang berhubungan dengan kondisi psikofisiologis seperti atensi visual dan sistem respiratori pada pengemudi guna menciptakan suatu kondisi kerja yang nyaman dan aman. Hal ini untuk menekan angka kecelakaan di jalan raya dan menciptakan suatu sistem transportasi yang baik.

Daftar Pustaka

- Adam, M., Retey, J., Khatami, R., & Landolt, H. (2006). Age-related changes in the time course of vigilant attention during 40 hours without sleep in men. *Sleep*, 29(1), 55-57.
- ADB-ASEAN. (2005). *Regional Road Safety Program: Indonesia*. Association of Southeast Asian Nations.
- Akerstedt, T., Peters, B., Anund, A., & Kecklund, G. (2005). Impaired alertness and performance driving home from the night shift: a driving simulator study. *Journal Sleep Restriction*, 14, 17-20.
- Banks, S., Catcheside, P., Lack, L., Grunstein, R., & Mcevoy, R. (2004). Low Levels of Alcohol Impair Driving Simulator Performance and Reduce. *Sleep*, 26(6), 1603-1607.
- Biggs, S. N., Smith, A., Dorrian, J., Reid, K., Dawson, D., Heuvel, C. V., & Baulk, S. (2007). Perception of simulated driving performance after sleep restriction and caffeine. *Journal of Psychosomatic Research*, 573-577.
- Dorrian, J., Lamond, J., & Dawson, D. (2000). The ability to self-monitor performance when fatigued. *Journal Sleep Restriction*, 137-144.



- Freude, G., & Ullsperfer, P. (1999). Slow brain potentials as a measure of effort? Applications in mental workload studies in laboratory settings. *Engineering psychophysiology: issues and applications*, 255-267.
- Gillberg, M., Kecklund, G., & Akerstedt, T. (1994). Relations between performance and subjective ratings of sleepiness during a night awake. *Sleep*, 17(3), 236-241.
- Goel, N., Rao, H., Drumer, J., & Dinges, D. (2009). Neurocognitive consequences of sleep deprivation. *Seminars in Neurology*, 29, 320-339.
- Howard, M. E., Jackson, M., Berlowitz, D., O'donoghue, F., Swann, P., Westlake, J., . . . Pierce, R. J. (2014). Specific sleepiness symptoms are indicators of performance impairment during sleep deprivation. *Accident Analysis and Prevention*, 62, 1-8.
- Isnainiyah, I. N., Samopa, F., Suryotrisongko, H., & Riksakomara, E. (2014). Analysis of Sleep Deprivation Effect to Driving Performance Using ReactionTest Simulation. *Jurnal Teknologi*, 72(4), 61-66.
- Jackson, M., Croft, R., Kennedy, G., Owens, K., & Howard, M. (2008). Cognitive components of simulated driving performance: sleep loss effects and predictors. *Accident Analysis and Preventive*, 31(9), 1261-1269.
- Killgore, W. D. (2010). Effects of Sleep Deprivation on Cognition. *Progress in Brain Research*, 105-129.
- Nilsson, T., Nelson, T., & Carlson, D. (1997). Development of fatigue symptoms during simulated driving. *Accident Analysis and Preventive*, 29(4), 479-488.
- Perrier, J., Jongen, S., Vuurman, E., Bocca, M., & Ramaekers, J. (2016). Driving performance and EEG fluctuations during on-the-road driving following sleep deprivation. *Biological Psychology*, 121, 1-11.
- Pressman, M. (n.d.). *Understanding Sleep*. Washington DC.
- Sandberg, D., Anund, A., Fors, C., Kecklund, G., Karlsson, J., Wahde, M., & Akerstedt, T. (2011). The characteristics of sleepiness during real driving at night-a study of driving performance, physiology and subjective experience. *Sleep*, 34(10), 1317-1325.
- Sivaramakrishnan, R., Ramanathan, P., Vidya, K., & Arun, C. (2011). Performance Evaluation of EEG and MEG Based Sleep Onset Detection Using Mean Comparison Test. *International Journal on Applied Bioengineering*.
- Smith, S. S., Horswill, M. s., Brooke, C., & Wetton, M. (2009). Hazard perception in novice and experienced drivers: The effects of sleepiness. *Accident Analysis and Prevention*, 41, 729-733.
- Snyder, S. (2003). *The Effects of Sleep Deprivation on Individual*. West Virginia: Marshall Digital Scholar.
- Treat, J., Tumbas, N., McDonald, S., Shinar, D., Hume, R., Mayer, R., . . . Castellan, N. (1979). *Tri-Level Study of The Causes of Traffic Accident : Final Report*. Washington: National Highway Traffic Safety Administration.
- Vermeeren, A., Vets, E., Vuurman, E., Van, O., Jongen, S., Laethem, T., & Sun, H. (2016). On-the-road driving performance the morning after bedtime use of suvorexant 15 and 30 mg in healthy elderly. *Psychopharmacology*.
- Verster, J., Sagaspe, J., Olivier, P., & Philip, P. (2011). Prolonged nocturnal driving can be as dangerous as severe alcohol-impaired driving. *Journal of Sleep Research*, 20(4), 585-588.
- WHO. (2017, May). *Road Traffic Injuries*. Retrieved from WHO.int: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/>
- Wilson, G. (2004). *Operator Functional State Assessment*. Paris: NATO.
- Young, C., & Sands, S. (2009). *What Can Measuring Brain Waves Tell Us About an Ad's Effectiveness*. Retrieved from Quirks.com.



Evaluasi Kekuatan dari Produk *Lower Limb Prosthetics*

Rini Dharmastiti, Christopher Wicaksono Adi

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika 2, Yogyakarta, 55281
Telp. (0274)-521673
E-mail: rini@ugm.ac.id

Intisari

Lower Limb Prosthetics adalah suatu produk yang digunakan untuk menggantikan fungsi kaki pada bagian bawah lutut. Sebuah lembaga pusat rehabilitasi di Indonesia adalah salah satu lembaga yang memproduksi *lower limb prosthetics*, namun produk dengan pengembangan yang baru, belum pernah dilakukan pengujian kekuatan. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi kekuatan dari *lower limb prosthetics* tersebut, yang diproduksi di dalam negeri menggunakan peralatan permesinan yang sederhana, dengan material yang mudah didapat di Indonesia. Pengujian yang dilakukan adalah uji tekan *lower limb prosthetics*, dan pada komponen pylon adapter. Hasil menunjukkan bahwa *lower limb prosthetics* tahan terhadap penekanan sampai 27.800 N sebelum gagal, pylon adapter gagal pada 34.000 N. Rekomendasi untuk lebih meningkatkan kekuatan dari produk tersebut adalah perubahan geometri dan perubahan material. Penebalan dinding pembatas pylon adapter dapat meningkatkan kekuatan mekanis produk. Material Al-Mg dinilai dapat meningkatkan kemampuan mekanis produk, sehingga material ini dapat menjadi alternatif yang cukup baik menggantikan Al-Si.

Kata Kunci: Lower limb prosthetics, pengujian tekan

1. Pendahuluan

Prostetik adalah sebuah produk yang digunakan untuk mengganti bagian tubuh yang hilang, supaya bagian tubuh tersebut dapat berfungsi sebagaimana mestinya, seperti kondisi normal. *Lower limb prosthetics* adalah sebuah prostetik yang digunakan untuk mengganti kaki bagian bawah yang hilang. Pengembangan produk *lower limb prosthetics* mulai dilakukan di Indonesia. Prostetik berkembang dalam segi bahan, misalnya dengan dikembangkannya jenis plastik dan komposit karbon-fiber, sehingga mempunyai kekuatan yang tinggi namun ringan. Perkembangan dalam perangkat elektronik membuat prostetik menjadi lebih *controllable* dan mudah beradaptasi dengan fungsinya dalam pekerjaan/kegiatan tertentu. Penambahan sensor dan pegas juga menambah kenyamanan dan mengurangi efek kelelahan bagi pengguna prostetik. Meskipun material dan komponen berkembang, namun komponen dasar tetap tidak berubah, karena menyesuaikan bentuk kaki manusia. Khusus di Indonesia, kebutuhan utama dari produk *lower limb prosthetic* adalah produk yang dapat dibuat dengan peralatan yang sederhana, dengan material yang mudah diperoleh di Indonesia, sehingga menghasilkan produk yang murah, namun tetap memenuhi persyaratan medis, kekuatan, estetika dari produk tersebut. Sebuah lembaga rehabilitasi di Indonesia telah membuat produk *lower limb prosthetics* dengan menggunakan peralatan sederhana, namun belum pernah dievaluasi dari segi kekuatan, maka penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi kekuatan dari produk tersebut.

Desain *lower limb prosthetics* telah dikembangkan secara bebas berdasarkan standar yang ada. Biasanya komponen utama terbagi tiga yaitu: (i) komponen yang mengalami kontak langsung dengan bagian tubuh tuna daksa yang disebut *socket*, (ii) komponen yang menyangga dan



meneruskan beban yang disebut *pylon*, dan (iii) komponen yang menggantikan fungsi kaki yang disebut *foot* (Roadrunnerfoot Enginer s.r.l (2007), Hosmer Dorrance Corporation (2011), PT. Kuspito Product, (2017)). Selain tiga komponen utama tersebut terdapat komponen-komponen *modular adapter* dan komponen-komponen lainnya.

Terdapat bermacam-macam material yang digunakan untuk lower limb prosthetics seperti yang dinyatakan oleh beberapa peneliti. Wevers dan Durance (1987), melakukan penelitian terhadap *socket* dengan bahan HDPE. Brown dan Steewart (2001), meneliti *pylon* yang berbahan dasar aluminium dan *pylon adapter* yang berbahan titanium, sedangkan Shasmin (2008) membuat *pylon* dari bambu.

Berbagai macam metode digunakan untuk menguji kekuatan berbagai jenis lower limb prosthetics, seperti yang telah dilakukan oleh Torrealba dan Muller (2011), Irawan dan Sukania (2013), Dincel dan Gursel (2007), Jensen dan Treichl (2007), Richardson (2008), Cannella dkk. (2014), Ertis (2012), Ziolo (2001). Pengukuran kekuatan tekan produk merupakan salah satu kriteria evaluasi awal yang diperlukan untuk menentukan layak tidaknya produk tersebut digunakan pada pengguna.

2. Metodologi

Lower limb prosthetics yang dibuat dari sebuah lembaga rehabilitasi dengan cara sederhana dengan material yang mudah diperoleh di Indonesia, digunakan dalam penelitian ini. Prostetik tersebut merupakan jenis *endoskeletal* dengan *rigid foot*, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Lower limb Prosthetic*

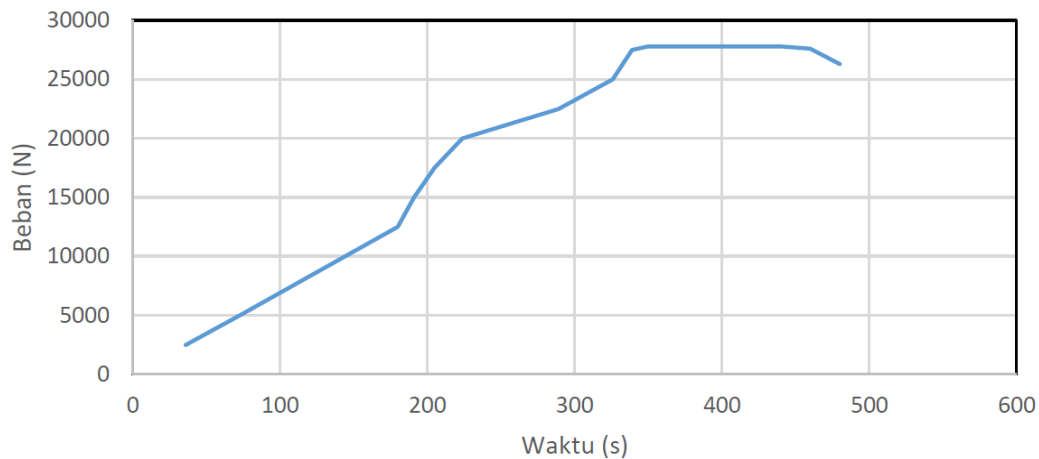
Peralatan yang digunakan untuk uji tekan adalah mesin Tarno Grocky. Pengujian tekan dilakukan dengan kecepatan pembebanan sebesar 0,1 mm/detik. Untuk mengetahui komposisi bahan, digunakan peralatan EDX-8000. Sebelum diuji komposisi, dilakukan persiapan benda uji dengan menggunakan gerinda dan amplas, sampai kondisi yang disyaratkan saat pengujian dengan EDX-8000. Dari hasil pengujian tekan akan diketahui komponen yang mempunyai kekuatan tekan terlemah. Rekomendasi perbaikan kekuatan diberikan untuk mengembangkan komponen tersebut, supaya dapat meningkatkan kekuatan tekan komponen tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian tekan menunjukkan bahwa tekanan maksimal yang dapat ditanggung oleh *lower limb prosthetics* tersebut adalah 27.800 N, seperti terlihat pada Gambar 2. Dari hasil uji tekan ini menunjukkan bahwa komponen terlemah akibat tekanan tersebut adalah komponen *pylon adapter*. Kegagalan *pylon adapter* akibat penekanan pada produk tersebut terlihat pada Gambar 3. Hasil uji komposisi untuk *pylon adapter* ini terdapat pada Gambar 4, yang menunjukkan bahwa unsur yang paling tinggi adalah Al sebesar 92%. Pengembangan dari



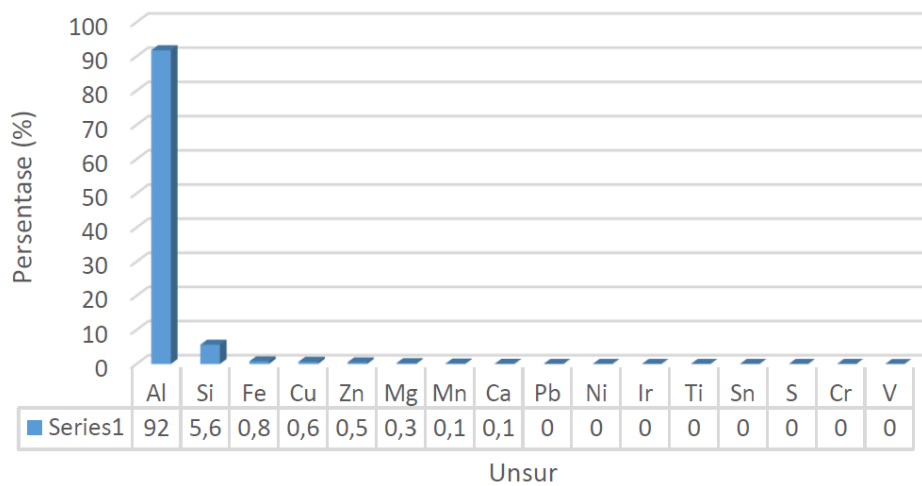
komponen *pylon adapter* dilakukan dengan mengubah ketebalan dari bagian yang lemah, dari ketebalan 1mm menjadi 3 mm Hasil pengujian tekan dari *pylon adapter* yang asli dan setelah didesain ulang, dapat dilihat pada Gambar 5.



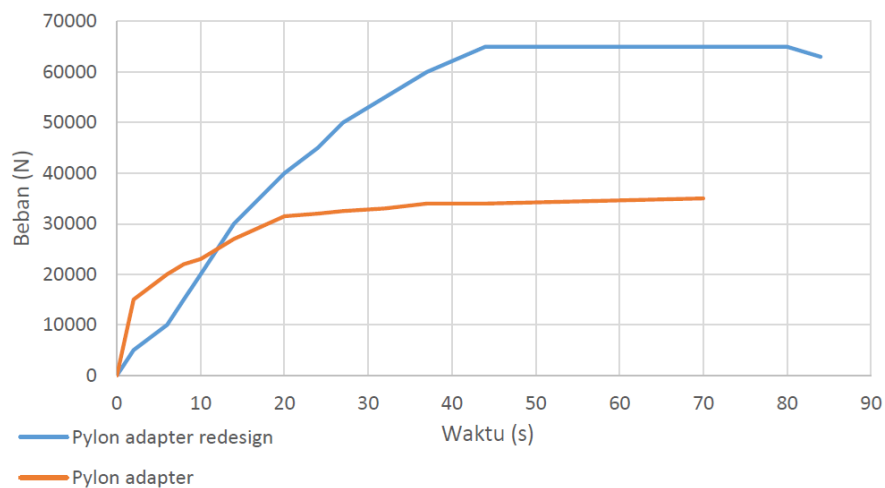
Gambar 2. Hasil pengujian tekan dari *lower limb prosthetics*



Gambar 3. Kegagalan *Pylon Adapter* pada *lower limb prosthetics*



Gambar 4. Komposisi *pylon adapter*



Gambar 5. Hasil pengujian tekan komponen pylon adapter asli dan hasil pengembangan (pylon adapter redesign)



Gambar 6. Perbandingan kerusakan dari pylon adapter asli dan hasil pengembangan (pylon adapter redesign)

Kegagalan pada kedua komponen tersebut, terletak pada tempat yang berbeda. Pada pylon adapter yang asli, kegagalan terletak pada bagian dinding, sedangkan untuk pylon adapter redesign terletak pada bagian tengah, pada pembatas antara lubang pylon dan socket pyramid adapter. Dari evaluasi material, maka Al-Mg dinilai dapat meningkatkan kemampuan mekanis produk, sehingga material ini dapat menjadi alternatif yang cukup baik menggantikan Al-Si.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari evaluasi kekuatan lower limb prosthetics ini adalah sebagai berikut:

1. Komponen pylon adapter merupakan komponen yang paling lemah dibandingkan dengan komponen yang lain
2. Beban maksimal yang dapat ditanggung oleh lower limb prosthetics tersebut adalah 27,8 kN
3. Beban maksimal yang dapat ditanggung oleh komponen pylon adapter adalah 34 kN, sedangkan pylon adapter redesign adalah 66 kN
4. Komposisi utama dari pylon adapter adalah Al sebesar 91,8 % dan Si 5,6 %

Daftar Pustaka

- Brown, I. dan Stewart, R., 2001, Determining Inspection Intervals For *Lower limb* Prosthetic Components, 2nd Conference of IEEE EMBS, Victoria, Australia, 3, 215-217
- Cannella, F., Garinei A., D'Imperio M., dan Rossi, G., 2014, A Novel Method for Design of Prosthesis Based on The Thermoplastic Stress Analysis and Finite Analysis, *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 15(5), 1-15
- Dincel, K., dan Gursel, K. T., 2007, Development and Analysis of Modular Uniaxial Leg Adapter, *Prosthetics and Orthotics International*, 31(1), 10-26
- Ertis, S., Kearns, J., dan Maniskas, S., 2012, Final Report: Design And Testing of a Low Cost Prosthetic Foot, California Polytechnic State University, San Luis Obispo
- Hosmer Dorrance Corporation, Amerika Serikat, (2011), *Lower Extremity Prosthetics*, 561 Division St, Campbell, CA 95008
- Irawan A. P., dan Sukania, I. W., 2013, Kekuatan Tekan dan Flexural Material Komposit Serat Bambu Epoksi, *Jurnal Teknik Mesin*, 14(2), 59-63
- Jensen, J. S., dan Treichl, H. B., 2007, Mechanical testing of prosthetic feet utilized in low-income countries according to ISO-10328 standard, *Prosthetics and Orthotics International*, 31(2), 117-206
- PT. Kuspito Ortotik Prostetik, Indonesia, (1998), PT. Kuspito Product *Lower limb* Component, Karanganyar, Tasikmadu Jawa, Tengah
- Richardson, V. S., dan Vozzola, E. J., 2008, Project Report: Analysis of a *Lower limb* Prosthesis, Mechanical Engineering and Biomechanics, Faculty of Worcester Polytechnic Institute, US
- Roadrunnerfoot Enginer s.r.l, Italy, (2007), Roadrunnerfoot Engineering SRL Product, Via Gallarate 116-20151 Milan, Itali
- Shasmin, H. N., Osman, N. A. A., dan Latif, L. A., 2008, Economical Tube Adapter Material in Below Knee Prosthesis, *Biomed 2008 Proceedings 21*, Verlag, Berlin, Heidelberg, England, 407-409
- Torrealba, R. R., dan Muller, C. M., 2011, Low-Cost Kit of Plastic Modular Adaptors for External Transtibial Prostheses, *Journal of Medical Device*, 5, 1-6
- Wevers, H. W., dan Durance, J. P., 1987, Dynamic testing of below-knee prosthesis: assembly and components, *Prosthetics and Orthotics International*, 11(3), 117-123



Analisis Mitigasi Risiko pada Pengadaan Barang PT Janata Marina Indah Semarang dengan Metode House of Risk

Naniek Utami Handayani^{1*}, Ines Chandra Fitriana¹, Jessica Ulina¹

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275

Telp. 024-7460052

E-mail: naniekh@ft.undip.ac.id

Intisari

PT Janata Marina Indah merupakan perusahaan galangan kapal di Indonesia yang mempunyai dua jenis proyek yaitu reparasi kapal dan pembangunan kapal. Pada perusahaan tersebut, keterlambatan dan mutu bahan baku menjadi penyebab terjadinya keterlambatan terlaksananya pekerjaan secara keseluruhan. Proses pengadaan bahan baku pada JMI merupakan aktivitas yang sangat penting dalam berjalannya proses produksi yang proses pengadaan bahan baku tersebut dikelola oleh bagian logistik. Kegagalan dalam mengelola proses pengadaan berdampak pada keterlambatan proyek, penggunaan bahan baku yang tidak sesuai, keterlambatan pengiriman bahan baku, dan lain-lain. Berpijak dari permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis factor-faktor risiko pengadaan bahan baku pada perusahaan tersebut dan melakukan pencegahan terhadap kejadian risiko yang mungkin dapat ditimbulkan. Berdasarkan analisis di lapangan, terdapat 23 kejadian risiko yang teridentifikasi melalui hasil wawancara dan brainstorming. Selanjutnya penyebab risiko dipetakan menurut metode 4M1E yaitu man, machine, bahan baku, method dan environment. Berpijak dari kejadian risiko, terdapat 25 agen risiko yang teridentifikasi. Hasil analisis menggunakan matriks house of risk menunjukkan bahwa dua penyebab risiko utama adalah perbaikan prosedur pengadaan yang lama dan kelangkaan bahan baku. Dua penyebab risiko tersebut dipilih berdasarkan kumulatif nilai korelasi terbesar sebanyak 20% yang ditunjukkan oleh diagram pareto.

Kata Kunci: Risiko, Pengadaan Barang, House of Risk, mitigasi risiko.

1. Pendahuluan

PT Janata Marina Indah (JMI) merupakan perusahaan galangan kapal di Indonesia yang memiliki teknologi yang cukup maju dan siap bersaing dengan galangan kapal asing. PT JMI mempunyai dua jenis aktivitas yaitu reparasi kapal dan pembangunan kapal, sehingga diperlukan manajemen proyek yang efisien. Dalam pelaksanaan proyek seringkali terjadi masalah-masalah yang menyebabkan keterlambatan hingga berujung pada kerugian perusahaan.

Keterlambatan proses pengadaan bahan baku oleh bagian logistik seringkali menjadi penyebab keterlambatan. Hal ini disebabkan oleh keterlambatan dalam pengiriman bahan baku, barang cacat, penanganan barang di gudang yang kurang baik, dan lain-lain. Proses pengadaan bahan baku pada PT JMI menjadi hal yang krusial dalam proses produksi yang dilakukan. Kegagalan dalam mengelola proses pengadaan dapat berakibat buruk dalam kegiatan produksi seperti keterlambatan proyek, penggunaan bahan



baku yang buruk, dan lain-lain. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, bagian logistik hendaknya melakukan pencegahan terhadap kejadian risiko yang mungkin dapat ditimbulkan.

Risiko adalah suatu penyimpangan terhadap hasil yang dapat terjadi selama periode tertentu (Simamora, 2000). Risiko adalah ketidakpastian (*uncertainty*) yang mungkin menyebabkan terjadinya kerugian (loss) (Arthur dan Heins, 1987). Risiko merupakan gap antara output aktual terhadap output yang diharapkan (Salim, 2007). Risiko merupakan peluang terjadinya sesuatu yang akan berdampak pada sasaran atau tujuan. Risiko diilustrasikan sebagai kombinasi dari konsekuensi atas suatu kejadian (termasuk perubahan dalam suatu kondisi) dan kemungkinan yang berhubungan dengan suatu kejadian (Darmawi, 2010).

Manajemen risiko adalah budaya, proses, dan struktur yang berfokus pada tercapainya manajemen yang efektif khususnya dalam menangani potensi kerugian (Darmawi, 2010). Manajemen risiko adalah cara penanggulangan risiko (AS/NZS 4360, 2004). Manajemen risiko bertujuan mengidentifikasi, menilai, dan menangani sebab akibat dari ketidakpastian yang terjadi pada suatu organisasi (Djojosoedarso, 2003). Manajemen risiko secara umum merupakan upaya yang dilakukan setiap organisasi atau perseorangan guna mencegah atau meminimasi timbulnya risiko dari setiap peristiwa atau tindakan.

Manfaat manajemen risiko antara lain (Darmawi, 2010):

- a. Meminimasi peluang terjadinya hal yang tidak diinginkan dan mengurangi dampak yang ditimbulkan dari kejadian tersebut.
- b. Meningkatkan produktivitas kerja.
- c. Membantu perencanaan kerja perusahaan yang efektif.
- d. Mendapatkan profit, kemudahan mencapai target perusahaan dan perlindungan aset.
- e. Meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan karyawan.

Analisis risiko merupakan prakiraan terhadap hal yang akan terjadi jika suatu keputusan diambil. Faktor utama pemilihan teknik analisis risiko bergantung pada tipe dan besar kecilnya proyek, informasi yang tersedia, biaya analisis, waktu yang tersedia untuk menganalisis, serta pengalaman dan keahlian analis (Smith, 1995).

Suatu proses yang menjelaskan ketidakpastian dalam bentuk kuantitatif, menggunakan teori peluang untuk mengevaluasi dampak potensial suatu risiko disebut analisis risiko. Analisis risiko diawali dengan pengumpulan data yang relevan. Kemudian proses evaluasi dampak. Proses evaluasi dampak risiko dilakukan dengan kombinasi antara peluang (sebagai bentuk kuantitatif dari faktor ketidakpastian/*uncertainty*) dan dampak atau konsekuensi dari terjadinya sebuah risiko (Al-Bahar dan Crandall, 1990).

Menurut Keown (2000), risiko adalah prospek suatu hasil yang disukai (operasional sebagai deviasi standar). Sedangkan Hanafi (2006) mendefinisikan risiko sebagai besarnya penyimpangan antara tingkat pengembalian yang diharapkan (*expected return-ER*) dengan tingkat pengembalian aktual (*actual return*). Mitigasi risiko yang baik pada proses pengadaan akan mengurangi kejadian-kejadian yang dapat mengganggu kestabilan proses produksi pada perusahaan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Kirman, bagian *production planning control* (pada tanggal 29 November) diketahui bahwa dalam enam bulan terakhir, permasalahan yang menyebabkan keterlambatan proyek adalah pada bagian logistik. Masalah tersebut diantaranya: keterlambatan dalam penerimaan bahan baku, bahan baku yang diterima tidak sesuai spesifikasi, keterlambatan dalam permintaan bahan baku, vendor tidak memenuhi order, dan lain-lain.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi kejadian risiko pengadaan bahan baku pada PT JMI, mengetahui status kejadian risiko terbesar yang dipilih berdasarkan nilai *risk priority index* terbesar,



mengetahui faktor penyebab risiko yang harus ditangani berdasarkan *matriks house of risk*, mengusulkan strategi mitigasi yang tepat untuk mengurangi risiko dalam proses pengadaan bahan baku tersebut.

2. Metodologi

a. *House of Risk*

House of risk merupakan salah satu model manajemen risiko guna menyusun suatu *framework* dalam mitigasi risiko (Pujawan dan Geraldin, 2009). Pendekatan HoR ini difokuskan pada tindakan pencegahan untuk mengurangi peluang terjadinya agen risiko. Agen risiko merupakan faktor pemicu yang mendorong timbulnya risiko. Dengan mengurangi agen risiko berarti mengurangi timbulnya beberapa kejadian risiko.

Konsep *House of Quality* (HoQ) berasal dari metode *Quality Function Deployment* (QFD). Konsep *House of Quality* membantu proses perancangan strategi sehingga dapat digunakan untuk membantu mengidentifikasi risiko dan memprioritaskan agen risiko yang harus ditangani terlebih dahulu serta merancang strategi mitigasi untuk mengurangi atau mengeliminasi penyebab risiko yang telah teridentifikasi.

Pendekatan *House of Risk* (HoR) dibagi menjadi dua tahap yaitu tahap identifikasi risiko (tahap 1) dan tahap penanganan terhadap risiko (tahap 2). Penilaian korelasi antara kejadian risiko dan agen risiko disajikan pada *House of Risk* (HoR) tahap 1, dengan hasil akhir adalah nilai *Aggregate Risk Potential* (ARP) seperti ditunjukkan pada persamaan (1).

$$ARP = occurrence * \sum (severity * relationship) \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

Occurrence = probabilitas kejadian risiko

Severity = dampak kejadian risiko

Relationship = nilai hubungan agen risiko dengan kejadian risiko

Berdasarkan hasil tersebut, selanjutnya dicari risiko terbesar menggunakan prinsip 80/20 Diagram Pareto untuk menghasilkan agen risiko terpilih. Pada *House of Risk* (HoR) tahap 2 diidentifikasi aksi mitigasi yang kemudian dipetakan pada model bersamaan dengan agen risiko terpilih. Pada tahap inilah dihitung nilai total keefektifan strategi mitigasi seperti pada persamaan (2) dan derajat kesulitan melakukan strategi mitigasi seperti pada persamaan (3).

Total keefektifan strategi mitigasi

$$TEk = \sum (ARP * R) \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

ARP = *Aggregate Risk Potential*

R = *Relationship*



Derajat kesulitan melakukan strategi mitigasi (*effectiveness to difficulty ratio*)

$$ETDk = \frac{TEk}{Dk} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

TEk = Total keefektifan aksi mitigasi

Dk = Derajat kesulitan melakukan aksi mitigasi

Dalam pengolahan data digunakan metode *House of Risk*. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan (risiko) dalam rantai pasokan sehingga diperoleh sistem yang *robust*. Analisis HoR menggunakan pendekatan penghitungan *Risk Priority Index* sebagai metode pemilihan risiko utama kemudian memasukkannya pada *House of Quality*. Data yang diperlukan untuk mendapatkan hasil analisis HoR adalah:

- Data Kejadian Risiko (*Risk Event*) data ini diperoleh dengan membuat daftar identifikasi risiko yang dapat terjadi di perusahaan berdasarkan model standar SCOR (*plan, source, make, deliver, dan return*). Identifikasi ini membutuhkan banyak pengalaman ataupun bisa diperoleh melalui studi literatur kemudian dipartisi kedalam lima model SCOR.
- Data Penyebab Risiko data ini bisa didapatkan dengan melakukan wawancara kepada tiap bagian perusahaan. Satu penyebab risiko bisa saja menyebabkan timbulnya beberapa risiko, sehingga bisa jadi data penyebab risiko lebih banyak dari pada data kejadian risiko.
- *Severity*: merupakan besarnya gangguan yang ditimbulkan oleh kejadian risiko terhadap proses bisnis perusahaan. Data ini dapat diperoleh melalui penyebaran kuisioner pada tiap bagian perusahaan yang berwenang. Kuisioner ini berisi nilai skoring dampak risiko bagi perusahaan.
- *Occurance*: data ini merupakan tingkat peluang munculnya suatu penyebab risiko sehingga berakibat pada timbulnya satu atau beberapa dampak risiko. Data dapat diperoleh dengan menghitung peluang kejadian pada record perusahaan atau menurut pengalaman pada bagian yang berwenang.
- Data Korelasi: data hubungan antara suatu kejadian risiko dengan penyebab risiko. Data ini diidentifikasi dengan penyesuaian kondisi dan aktivitas supply chain perusahaan dan dapat diperoleh melalui penghitungan nilai korelasi statistik. data korelasi bisa juga menggunakan pertimbangan dari pihak yang berwenang dengan membuat standar {0, 1, 3, 9} yang artinya 0 = tidak ada korelasi, 1 = korelasi rendah, 3 = korelasi sedang, 9 = korelasi tinggi.

Setelah semua data terkumpul maka dapat dilakukan penghitungan *Agregate Risk Potential* (ARP) yaitu nilai yang menggambarkan besarnya akibat yang ditimbulkan oleh risiko. Hasil penghitungan ARP dapat digunakan untuk pemilihan penanganan risiko yang harus diutamakan. Setelah itu dapat juga dihitung beberapa nilai sebagai pertimbangan perusahaan seperti:

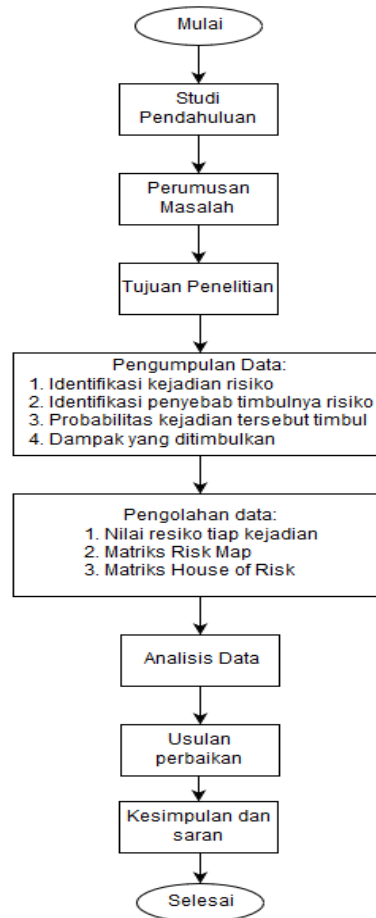
- Nilai keefektifan tindakan atau biasa disebut Total Effectiveness (TEk) untuk mengetahui keefektifan tindakan pencegahan yang direkomendasikan
- Tingkat kesulitan dalam melakukan upaya pencegahan untuk diterapkan di perusahaan (Dk)
- Nilai rasio antara TEk dengan Dk sehingga diperoleh nilai yang menggambarkan besarnya kemungkinan tindakan dapat terealisasi, atau jika diranking maka akan diperoleh nilai rekomendasi yang dapat diprioritaskan.

Kemudian analisis data dilakukan berdasarkan hasil data yang dipetakan kemudian menyarankan usulan perbaikan dan kemudian kesimpulan dan saran.

b. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini disajikan pada Gambar 1.





Gambar 6 Tahapan Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

a. Pengumpulan Data

Pengumpulan data kejadian risiko pada proses pengadaan bahan baku di PT JMI dilakukan dengan pemetaan terhadap bagian-bagian yang berkaitan dengan proses pengadaan, yaitu: bagian logistik dan gudang. Identifikasi risiko dilakukan berdasarkan data kejadian yang berhubungan dengan proses pengadaan pada kurun waktu bulan Mei sampai dengan Nopember 2016. Data diperoleh melalui hasil evaluasi rapat mingguan, wawancara dan *brainstorming* dengan *stakeholder* yang bersangkutan. Pengelompokan proses pengadaan pada PT JMI disajikan pada Tabel 1.



Tabel 14 Kategori Proses Pengadaan

No	Proses	Kategori
1	Permintaan dari proyek	Pengajuan pengadaan
2	Pengecekan rutin	
3	Pengajuan pengadaan	
4	Pembuatan PO	Penerbitan purchase order
5	Pengiriman PO	
6	Penawaran vendor	Pemilihan vendor
7	Pemilihan vendor	
8	Kontrak	Pengadaan bahan baku
9	Pembayaran pesanan	
10	Pengiriman	
11	Pengecekan bahan baku	Inspeksi
12	Penerimaan bahan baku	
13	Penyimpanan metrial	Penyimpanan bahan baku di gudang
14	Perawatan bahan baku	

Berdasarkan proses-proses tersebut, selanjutnya dilakukan identifikasi risiko-risiko yang mungkin terjadi pada proses pengadaan bahan baku pada PT JMI. Hasil penilaian *risk event* disajikan pada Tabel 2.



Tabel 15 Risk event

Kode	Kejadian Risiko (<i>risk event</i>)	Kategori
E01	Proses pengadaan terkendala (finansial)	Pengadaan bahan baku
E02	Susah mencari vendor yang memenuhi kualifikasi	Pemilihan vendor
E03	Tidak tersedianya bahan baku pada vendor lokal	Pemilihan vendor
E04	Vendor tidak dapat memenuhi kontrak	Pemilihan vendor
E05	Vendor tidak dapat memenuhi pesanan	Pemilihan vendor
E06	Keterlambatan dalam pembuatan PO (<i>purchase order</i>)	Penerbitan <i>purchase order</i>
E07	Keterlambatan dalam mengevaluasi pengadaan	Inspeksi
E08	Keterlambatan dalam penerimaan bahan baku	Inspeksi
E09	Bahan baku yang diterima tidak sesuai spesifikasi	Inspeksi
E10	Negosiasi terhambat karena masalah teknis	Pemilihan vendor
E11	Keterlambatan permintaan dari bagian produksi	Pengajuan pengadaan
E12	Terjadi overstock bahan baku di gudang	Penyimpanan bahan baku di gudang
E13	Bahan baku dan peralatan aus atau karatan	Penyimpanan bahan baku di gudang
E14	Kesalahan dalam pengecekan bahan baku	Inspeksi
E15	Keterlambatan dalam permintaan bahan baku dari gudang	Pengajuan pengadaan
E16	Kesulitan mencari bahan baku dan peralatan yang dibutuhkan	Penyimpanan bahan baku di gudang
E17	Kesalahan dalam perhitungan stock	Pengajuan pengadaan
E18	Bahan baku dan peralatan terkontaminasi	Penyimpanan bahan baku di gudang
E19	Kapasitas alat angkut (forklift, crane, dll) sangat terbatas	Penyimpanan bahan baku di gudang
E20	Terjadinya kehabisan stock	Pengajuan pengadaan
E21	Terjadi kecelakaan pekerjaan ketika pengangkatan bahan baku	Penyimpanan bahan baku di gudang
E22	Terjadi kerusakan mesin dan bahan baku	Penyimpanan bahan baku di gudang
E23	Terjadi bencana alam seperti banjir, kebakaran, dll	Pengadaan bahan baku

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa nilai *consequence* 1 menyatakan kejadian risiko tidak berpengaruh terhadap kelangsungan proyek, nilai 2 menyebabkan proyek yang sedang dijalankan terhambat tetapi masih bisa diatasi, nilai 3 apabila proyek yang sedang dijalankan terlambat, nilai 4 apabila menyebabkan produksi berhenti sampai bisa ditangani, dan nilai 5 apabila menyebabkan produksi berhenti dan kerugian finansial yang besar.

b. Identifikasi Penyebab Risiko (*Risk Agent*)

Penyebab kejadian risiko merupakan faktor faktor yang dapat menyebabkan kejadian risiko terjadi. Dalam hal ini satu penyebab kejadian risiko dapat menimbulkan satu atau lebih kejadian risiko terjadi, tetapi dibedakan berdasarkan nilai bobot yang telah ditentukan. Pengumpulan data penyebab risiko



diperoleh dari pemetaan menggunakan pemetaan 4M1E (*man, machine, method, material, dan environment*) dengan klasifikasi *risk agent* seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 16 Daftar Penyebab Risiko

Kode	Penyebab Risiko (Risk Agent)	Kode	Penyebab Risiko (Risk Agent)
<i>Man</i>		<i>Method</i>	
A01	Kesalahan pemilihan pemasok	A15	Kelemahan nota kesepakatan
A02	Prosedur pengadaan barang lama	A16	Belum ada perencanaan jangka panjang
A03	Permintaan mendadak	A17	Evaluasi teknis lama
A04	Pemogokan tenaga kerja	A18	Perubahan rencana produksi
A05	Banyak SDM kurang kompeten	A19	Kesalahan prosedur
A06	Kurang koordinasi antar bagian	A20	Approval memakan waktu yang lama
<i>Machine</i>		<i>Environment</i>	
A07	Usia peralatan tua	A21	Faktor bencana alam
A08	Kualitas alat yang digunakan tidak sesuai standar	A22	Kebakaran
A09	Alat angkat barang rusak	A23	Fluktuasi nilai tukar rupiah
<i>Material</i>		A24	Pasokan listrik terhenti (pemadaman)
A10	Kebutuhan bahan baku dalam jumlah banyak	A25	Pencemaran lingkungan
A11	Variasi bahan baku besar		
A12	Kelangkaan bahan baku		
A13	Spesifikasi barang yang diminta kurang jelas		
A14	Usia bahan baku tua		

Tahap selanjutnya dilakukan pemetaan hasil identifikasi risiko ke dalam *procurement cycle*. Manajemen risiko yang diterapkan diharapkan memberikan hasil optimal dengan mempertimbangkan beberapa hal penting seperti mengalokasikan risiko secara khusus kepada seseorang atau suatu Departemen yang paling cocok untuk menangani permasalahan secara efektif. Pemetaan *procurement cycle* PT JMI disajikan pada Tabel 4.



Tabel 17 Pemetaan *Procurement Cycle* PT JMI

Source Type	Gudang	Logistik	Administrasi	supplier
Stages in procurement cycle				
Pengecekan	Ketidak telitian perhitungan, pengecekan tidak terjadwal	Tidak mengontrol penerimaan laporan ketersediaan		
Pengajuan pengadaan	Kesalahan jumlah dan spec yang akan dipesan		Menerima pengajuan tanpa validasi	
Pembuatan PO			Jumlah dan spec pesanan tidak sesuai	
Validasi			Kesalahan dan keterlambatan proses validasi	
Penawaran Vendor				Harga tidak sesuai Kelangkaan barang
Distribusi	Persediaan barang habis			Terlambat produksi Terlambat distribusi
Inspeksi	Barang tidak sesuai atau terdapat cacat		Proses retur memakan waktu dan biaya	

c. **Pengolahan Data**

i. **Nilai *Risk Priority Index* (RPI)**

Nilai *Risk Priority Index* merupakan hasil kali dari nilai *likelihood* dan nilai *consequence* dari masing-masing kejadian risiko. Nilai RPI menggambarkan tingkat kepentingan setiap risiko tersebut terhadap keberlangsungan proyek. Nilai RPI untuk masing-masing kejadian risiko disajikan pada Tabel 5.



Tabel 18 Nilai Risk Priority Index

Kode	Kejadian Risiko (<i>Risk Event</i>)	<i>Likelihood</i>	<i>Consequence</i>	Nilai RPI
E01	Proses pengadaan terkendala (finansial)	2	3	6
E02	Susah mencari vendor yang memenuhi kualifikasi	2	2	4
E03	Tidak tersedianya bahan baku pada vendor lokal	1	3	1
E04	Vendor tidak dapat memenuhi kontrak	3	3	9
E05	Vendor tidak dapat memenuhi pesanan	2	3	6
E06	Keterlambatan dalam pembuatan PO (<i>purchase order</i>)	2	3	6
E07	Keterlambatan dalam mengevaluasi pengadaan	2	3	6
E08	Keterlambatan dalam penerimaan bahan baku	5	4	20
E09	Bahan baku yang diterima tidak sesuai spesifikasi	1	4	4
E10	Negosiasi terhambat karena masalah teknis	2	3	6
E11	Keterlambatan permintaan dari bagian produksi	3	3	9
E12	Terjadi <i>overstock</i> bahan baku di gudang	1	1	1
E13	Bahan baku dan peralatan aus atau karatan	1	3	3
E14	Kesalahan dalam pengecekan bahan baku	1	2	2
E15	Keterlambatan dalam permintaan bahan baku dari gudang	1	4	4
E16	Kesulitan mencari bahan baku dan peralatan yang dibutuhkan	1	1	1
E17	Kesalahan dalam perhitungan <i>stock</i>	1	2	2
E18	Bahan baku dan peralatan terkontaminasi	1	3	3
E19	Kapasitas alat angkut (<i>forklift, crane, dll</i>) sangat terbatas	1	4	4
E20	Terjadinya kehabisan <i>stock</i>	3	4	12
E21	Terjadi kecelakaan pekerja ketika pengangkatan bahan baku	1	3	3
E22	Terjadi kerusakan mesin dan bahan baku	2	3	6
E23	Terjadi bencana alam seperti banjir, kebakaran, dll	1	5	5

ii. Matriks *Risk Map*

Risk Map merupakan matriks yang diperoleh dari hubungan antara *probability* kejadian risiko dan dampak dari kejadian risiko. *Risk Map* dibagi menjadi 5 kategori yang digambarkan dengan warna berbeda. Untuk warna merah menunjukkan risiko berstatus ekstrim, untuk warna *orange* menunjukkan risiko berstatus tinggi, untuk warna kuning menunjukkan risiko berstatus sedang, warna biru menunjukkan risiko berstatus rendah dan warna hijau menunjukkan risiko berstatus sangat rendah. Matriks *risk map* untuk masing-masing kejadian risiko pada proses pengadaan bahan baku pada PT JMI disajikan pada Gambar 2.



		Likelihood				
		1	2	3	4	5
Consequence	1	E12 E16				
	2	E17 E14	E02			
	3	E03 E18 E21 E13	E01 E07 E06 E05 E22 E10	E04 E11		
	4	E15 E09 E19		E20		E08
	5	E23				

Gambar 7 Matriks Risk Map

Berdasarkan *risk map* pada Gambar 2 ditemukan beberapa kategori status risiko yang perlu mitigasi / penanganan risiko lebih lanjut. Mitigasi risiko dilakukan terhadap risiko berstatus ekstrim, tinggi, dan sedang. Kejadian risiko yang akan dikendalikan seperti disajikan pada Tabel 6.

Tabel 19 Tabel Status Risiko

Kode	Kejadian Risiko (<i>Risk Event</i>)	Nilai RPI	Status risiko
E08	Keterlambatan dalam penerimaan bahan baku	20	Ekstrim
E20	Terjadinya kehabisan <i>stock</i>	12	Tinggi
E04	Vendor tidak dapat memenuhi kontrak	9	Sedang
E11	Keterlambatan permintaan dari bagian produksi	9	Sedang
E01	Proses pengadaan terkendala (finansial)	6	Sedang
E05	Vendor tidak dapat memenuhi pesanan	6	Sedang
E06	Keterlambatan dalam pembuatan PO (<i>purchase order</i>)	6	Sedang
E07	Keterlambatan dalam mengevaluasi pengadaan	6	Sedang
E10	Negosiasi terhambat karena masalah teknis	6	Sedang
E22	Terjadi kerusakan mesin dan bahan baku	6	Sedang
E23	Terjadi bencana alam seperti banjir, kebakaran, dll	5	Rendah
E02	Susah mencari vendor yang memenuhi kualifikasi	4	Rendah
E09	Bahan baku yang diterima tidak sesuai spesifikasi	4	Rendah
E15	Keterlambatan dalam permintaan bahan baku dari gudang	4	Rendah
E19	Kapasitas alat angkut (<i>forklift, crane, dll</i>) sangat terbatas	4	Rendah
E03	Tidak tersedianya bahan baku pada vendor lokal	3	Rendah
E13	Bahan baku dan peralatan aus atau karatan	3	Rendah
E18	Bahan baku dan peralatan terkontaminasi	3	Rendah
E21	Terjadi kecelakaan pekerjaan ketika pengangkatan bahan baku	3	Rendah
E14	Kesalahan dalam pengecekan bahan baku	2	Sangat Rendah



E17	Kesalahan dalam perhitungan <i>stock</i>	2	Sangat Rendah
E12	Terjadi <i>overstock</i> bahan baku di gudang	1	Sangat Rendah
E16	Kesulitan mencari bahan baku dan peralatan yang dibutuhkan	1	Sangat Rendah

iii. **Matriks House of Risk**

House of Risk merupakan matriks yang menggambarkan korelasi antara kejadian risiko dan penyebab risiko, sehingga didapatkan jumlah nilai korelasi yang diperoleh dari penjumlahan bobot hubungan kejadian risiko dan penyebab risiko. Matriks house of risk proses pengadaan bahan baku pada PT JMI disajikan pada Tabel 7.

Tabel 20 Matriks house of risk

		Risk Agent																								
Risk Event	RPI	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25
E08	20	3	9	3	3	1				1	3	3	9	1				1		3	3	3				
E20	12		9	3		1	3				1	3	9		3		3	3		3						
E04	9	1		3							1	3		3		9		1		3						
E11	9	1	9	3	3	1	3				3	3	3	1			1	9	3	3	3					
E01	6	3										3	3			1		3		3				9		
E05	6		3	3							9	9	9	3		3			1							
E06	6		3	3	1	1	3				1		3					3	3	3	3					
E07	6		3		3	9					3	3	3	3			1	3		3	9			1		
E10	6				3	9	3									3	3	3	9		9	1		3		
E22	6					3		9	9	9							3			1						
E23	5					3		9	9	9							3			1		9	9			
Jumlah nilai korelasi		8	36	18	13	28	12	18	18	19	21	24	30	14	3	16	14	22	17	20	27	13	12	13	0	0
Ranking		22	1	10	17	3	20	11	12	9	7	5	2	15	23	14	16	6	13	8	4	18	21	19	24	25

Tabel 7 menjelaskan bahwa kejadian risiko yang berstatus tinggi dan sedang dikorelasikan dengan masing-masing penyebab risiko. Untuk bobot korelasinya disimbolkan dengan angka 1 jika terdapat korelasi yang lemah antara *risk event* dan *risk agent*, angka 3 untuk korelasi sedang dan angka 9 untuk korelasi tinggi. Berpijak hasil perhitungan tersebut diperoleh jumlah nilai korelasi masing-masing *risk agent* dari jumlah bobot masing-masing *risk agent* dengan menggunakan persamaan 4.

$$NK = \sum B_i \dots\dots\dots (4)$$

i= 1,2,3,...

dimana:

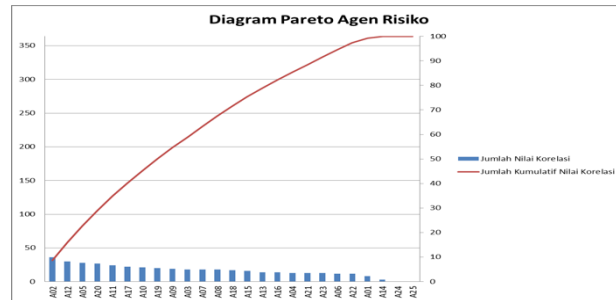
NK = jumlah nilai korelasi masing-masing penyebab risiko

B = nilai bobot antara *risk event* dan *risk agent*

iv. **Diagram Pareto**

Setelah didapatkan jumlah nilai korelasi masing-masing *risk agent*, selanjutnya dilakukan ranking prioritas berdasarkan nilai korelasi terbesar dan terkecil dengan menggunakan diagram pareto. Diagram pareto menggunakan prinsip 80/20 yang berarti 80% masalah diakibatkan oleh 20% penyebab terbesarnya. Diagram pareto nilai korelasi masing-masing risk agent disajikan pada Gambar 2.





Gambar 8 Diagram Pareto Nilai Korelasi *Risk Agent*

Berdasarkan gambar Diagram Pareto di atas, diperoleh 20% penyebab masalah terbesar adalah pada *risk agent* dengan kode A02 dan A12, yang selanjutnya akan disusun strategi mitigasi.

v. Usulan Perbaikan

Setelah melakukan analisis dengan Diagram Pareto diperoleh 20% penyebab masalah terbesar adalah pada *risk agent* dengan kode A02 yaitu prosedur pengadaan yang lama dan A12 yaitu kelangkaan bahan baku. Berdasarkan *risk agent* tersebut disusun strategi mitigasi, seperti disajikan pada Tabel 8.



Tabel 21 Strategi Penanganan Risiko

Kode	Risk Agent	Strategi Penanganan Risiko
A02	Prosedur Pengadaan Bahan Baku	Memperbaiki SOP dengan tujuan minimasi proses pengadaan barang
		Menghilangkan atau mengganti prosedur yang mempunyai dampak risiko yang besar
		Berkoordinasi dengan atasan terkait biaya pengadaan bahan baku dan jumlah permintaan pengadaan dari departemen terkait
A12	Kelangkaan bahan baku	Mencari <i>supplier</i> luar negeri
		Menambah stock minimum pada gudang
		Menggunakan <i>backup supplier</i>

Berdasarkan Tabel 8 disusun strategi mitigasi untuk penyebab risiko dengan kode A02 dan A12 sebagai berikut.

- Memperbaiki SOP untuk minimasi proses yang telah ada sehingga dapat memperpendek waktu dan proses pengadaan barang. Penanggung jawab pekerjaan ini adalah Departemen Logistik. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan adalah menyusun e-katalog, meng-update database ketersediaan bahan baku, menyusun persyaratan baku dalam proses seleksi *supplier* (misalnya *quality*, *cost*, dan *delivery time*), dan menetapkan kebijakan terkait kontrak untuk *part* yang krusial dan mudah habis.
- Menghilangkan atau mengganti prosedur yang mempunyai dampak risiko yang besar sehingga dapat mereduksi timbulnya kejadian yang tidak diinginkan. Sebagai contoh menentukan waktu pemilihan *supplier* yang efektif dan efisien, tidak terlalu sering melakukan pergantian *supplier*, dan lain-lain.
- Berkoordinasi dengan atasan terkait biaya pengadaan bahan baku dan jumlah permintaan pengadaan apabila dari departemen terkait. Kendala finansial dalam proses pengadaan bahan baku dapat diantisipasi dengan perjanjian pembayaran uang muka sebesar 50% dari total biaya. Dengan demikian permasalahan finansial internal perusahaan tidak mengganggu layanan pengadaan bahan baku.
- Mencari alternatif *supplier* dari luar negeri sebagai alternatif cadangan ketika terjadi kelangkaan bahan baku di dalam negeri. Strategi mitigasi ini dinyatakan *feasible* karena PT JMI telah menjalin kerjasama alih teknologi dengan Jurang Shipyards, Ltd (Singapura) dan AKASAKA Diesel Engine (Jepang), serta beberapa perguruan tinggi baik di dalam maupun luar negeri, seperti Institut Teknologi Surabaya dan Kobe University, Jepang. Pembangunan kapal baru di PT JMI, sesuai dengan kontrak, didampingi oleh galangan di luar negeri sebagai partner sekaligus sub kontraktor misalnya NIGATA *Engineering* (Jepang) untuk pembangunan kapal motor tanker dan Damen Shipyards (Belanda) untuk pembangunan kapal navigasi. Persyaratan pemilihan *supplier* mempertimbangkan aspek *quality*, *cost* dan *delivery* sehingga terpilih *supplier* yang terbaik.
- Mempertimbangkan untuk menambah *inventory* / *stock* minimum pada gudang untuk mengantisipasi kelangkaan bahan baku. Penambahan *stock* minimum tidak akan menimbulkan permasalahan karena biaya *inventory* tidak berpengaruh signifikan dan gudang pada PT JMI berukuran cukup luas. Selain itu, bahan baku yang akan disimpan dalam gudang merupakan bahan baku yang tahan lama dan tidak mudah terkontaminasi.



- Memiliki cadangan atau menggunakan *backup supplier* jika *supplier* utama mengalami permasalahan dalam proses pengadaan barang (baik dari segi *quality*, *cost* dan *delivery*) dan atau tidak bisa memenuhi pesanan. *Supplier* cadangan sebaiknya diutamakan *supplier* lokal yang kredibel agar dapat membantu perusahaan dalam negeri. Strategi mitigasi ini dapat dilakukan dengan menyusun kontrak perjanjian yang memuat klausul jika permintaan tidak berhasil dipenuhi maka pihak *supplier* wajib bertanggung jawab. Untuk mengantisipasi vendor/subkontraktor/*supplier* yang tidak memenuhi persyaratan kapabilitas yang telah ditetapkan, pihak departemen logistik wajib melakukan prakualifikasi yang ketat pada saat pemilihan vendor/subkontraktor/*supplier*, serta melakukan kerja sama (*merging*) yang dibuktikan dengan adanya kontrak dengan para *supplier* yang terpilih. Strategi tersebut perlu didukung dengan memperketat proses seleksi pemilihan *supplier*, memberikan sanksi kepada *supplier* yang tidak dapat memenuhi kontrak perjanjian dan strategi *flexible supply market*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Kejadian risiko dipetakan menurut kegiatan pada Departemen Logistik. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan ditemukan 23 kejadian risiko dan 25 agen risiko yang teridentifikasi. Berpijak dari matriks *house of risk*, terdapat dua penyebab risiko yang perlu segera dikendalikan yaitu prosedur pengadaan bahan baku yang membutuhkan waktu lama dan kelangkaan bahan baku. Guna mengantisipasi risiko yang terjadi dirumuskan usulan strategi mitigasi sebagai berikut. Perbaikan SOP untuk menghilangkan proses yang tidak *non value added* sehingga dapat memperpendek waktu dan proses pengadaan barang. Selain itu, departemen logistik perlu menghilangkan atau mengganti prosedur yang mempunyai dampak risiko yang besar sehingga dapat mereduksi timbulnya kejadian yang tidak diinginkan, dan berkoordinasi dengan atasan terkait biaya pengadaan bahan baku dan jika diperlukan membatasi jumlah permintaan pengadaan apabila terdapat kendala finansial pada perusahaan. Kelangkaan bahan baku dapat diantisipasi dengan cara mencari alternatif *supplier* dari luar negeri sebagai alternatif cadangan ketika terjadi kelangkaan bahan baku di dalam negeri, mempertimbangkan untuk menambah *inventory / stock* minimum pada gudang untuk mengantisipasi kelangkaan bahan baku, dan memiliki cadangan atau menggunakan *backup supplier* jika *supplier* utama mengalami permasalahan dalam proses pengadaan barang (baik dari segi *quality*, *cost* dan *delivery*) dan atau tidak bisa memenuhi pesanan.

Daftar Pustaka

- Al-Bahar, J. F. dan Crandall, K. C. (1990). Systematic Risk Management Approach for Construction Design Management. *International Journal of Project Management*, 3(116), 533–546.
- Arthur, W. Jr. C dan Heins, R. M. 1987. *Risk Management and Insurance*. New York: McGraw Hill International Book Company.
- AS/NZS 4360. 2004. *The Australian And New Zealand Standard on Risk*. 3rd Edition.
- Darmawi, H. 2010. Manajemen Risiko. Jakarta: Bumi Aksara.
- Djojosoedarso, S. 2003. *Prinsip-Prinsip Manajemen Risiko Asuransi*. Surabaya: Salemba Empat.



- Hanafi, M. 2009. *Manajemen Risiko*. Yogyakarta: Unit Penerbit dan Percetakan Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen YKPN.
- Keown, A.J., Scott, D.F. Jr., Martin, J.D., Petty, J.W., 2001. *Dasar-dasar Manajemen Keuangan*. Edisi Ketujuh. (Terjemahan). Penerbit salemba Empat, Jakarta.
- Pujawan, I. N dan Geraldin, L. H. 2009. House of Risk: a Model for Proactive Supply Chain Risk Management. *Journal of Business Process Management*, Vol. 15 No. 6., pp 953–967.
- Salim, A. 2007. *Asuransi dan Manajemen Risiko*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Simamora, H. 2000. *Manajemen Pemasaran Internasional*. Jakarta: Salemba Empat.
- Smith, C. W. Jr. 1995. Corporate Risk Management: Theory and Practice. *Journal of Derivatives*, 2(4), 21-30.



Halaman ini sengaja dikosongkan



LAIN-LAIN



Halaman ini sengaja dikosongkan



Konsep Perancangan Database untuk *Traceability* Produk dengan Mengintegrasikan Metode *Value Chain* dan *Group Technology*

Purnomo Budi Santoso, Agustina Eunike, Ceria Farela Mada Tantrika

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Brawijaya
Jl. Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Telpon +62341587710 ext. 1283
E-mail: pbsabn@ub.ac.id

Intisari

Kesadaran masyarakat mengenai kandungan dan komposisi dari produk makanan hasil diproduksi terus meningkat. Hal ini akan meningkatkan tuntutan masyarakat sebagai konsumen terhadap informasi tentang hirarki unsur produk yang dikonsumsi. Tanggung jawab pemberian informasi komposisi dan kandungan produk makanan berada di tangan seluruh aktor dalam supply chain produk makanan. Karena itu, dibutuhkan sistem informasi manajemen (SIM) untuk memudahkan traceability dalam supply chain produk makanan. Objek yang diteliti adalah KUD susu Batu yang bergerak pada industri berbasis susu. Untuk membangun SIM semacam itu, perlu didahului dengan pemetaan supply chain makanan yang dilengkapi data komposisi dan kandungan makanan pada setiap proses. Dari pemetaan tersebut, dapat disusun aliran data hirarki proses dan komposisi penyusun produk yang terjadi sehingga dapat dibuat sebagai pondasi dasar dalam pembentukan database. Untuk merancang database yang aliran datanya berbentuk value chain seperti diatas maka dapat diusulkan untuk menggunakan metode klasifikasi dan pengkodean dari Group Technology (GT). Hasil akhir penelitian adalah konsep rancangan database yang siap untuk diimplementasikan menjadi aplikasi SIM dengan kemampuan untuk melacak proses dan unsur produk berbasis pada value chain analysis yang telah dipetakan.

Kata Kunci: Traceability, Value Chain Analysis, Group Technology, Database

1. Pendahuluan

Kesadaran masyarakat mengenai kandungan dan komposisi dari produk makanan hasil diproduksi terus meningkat. Hal ini akan meningkatkan tuntutan masyarakat sebagai konsumen terhadap informasi tentang hirarki unsur produk yang dikonsumsi. Tanggung jawab pemberian informasi komposisi dan kandungan produk makanan berada di tangan seluruh aktor dalam supply chain produk makanan. Karena itu, dibutuhkan produk makanan yang memiliki *end-to-end traceability* dalam supply chain. Di Indonesia, Industri Kecil Menengah (IKM) memiliki peran yang besar, terutama di industri pertanian, peternakan, kehutanan, dan perikanan sehingga menjadi pemain kunci dalam supply chain produk makanan. Namun, proses *traceability* komposisi dan kandungan produk yang melibatkan IKM dalam supply chainnya masih rendah dan mengakibatkan daya saing produk hasil IKM rendah. Untuk itu, dibutuhkan adanya sistem informasi manajemen (SIM) komposisi produk makanan sepanjang supply chain. Dengan SIM yang dapat melacak proses dan unsur komponen penyusun produk, maka user (konsumen produk dan manajer produksi) dapat mengetahui urutan dan deretan proses, komposisi dan produk antara beserta kualitasnya.



Untuk membangun SIM semacam itu, perlu didahului dengan pemetaan value chain produk yang dilengkapi data komposisi dan kandungan makanan pada setiap proses. Porter (1994) menjelaskan value chain merupakan metode untuk menguraikan perusahaan kedalam aktivitas-aktivitas yang relevan secara strategis guna memahami perilaku biaya serta sumber margin existing dan memiliki potensial. Value chain juga dapat diartikan serangkaian proses yang dilakukan perusahaan untuk menghasilkan produk ataupun jasa. Setiap perusahaan memiliki aktivitas yang penting secara strategis untuk memperoleh keunggulan bersaing dengan pesaing. Setiap pihak dalam supply chain memiliki value chain yang ditanamkan dalam arus aktivitas yang dilakukan. Value chain dalam pelaksanaannya mempunyai aktivitas nilai yang merupakan aktivitas yang terpisah secara fisik dan teknologis yang diselenggarakan oleh perusahaan. Dalam value chain aktivitas nilai terbagi menjadi dua aktivitas yaitu aktivitas primer dan aktivitas pendukung. Atas dasar pemetaan nilai ini, dapat disusun aliran data hirarki proses dan komposisi penyusun produk yang terjadi sehingga dapat dibuat sebagai pondasi dasar dalam pembentukan database.

Group Technology (GT) adalah suatu filosofi dalam manufaktur yang mengidentifikasi keserupaan komponen-komponen dan mengelompokkannya dengan tujuan mengambil keuntungan dari keserupaan dalam desain dan manufaktur. Konsep dasar dari Group Technology adalah menyederhanakan dan standardisasi proses (Burbidge, 1975). Sejarah Group Technology (GT) dimulai pada awal abad 20, yang diperkenalkan oleh Frederick Taylor pada tahun 1919 sebagai upaya untuk meningkatkan produktivitas, namun pendekatan pada GT secara akademis, diawali oleh Burbidge (1975) dan Mitrofanov (1966). Pada mulanya GT bertujuan untuk mengurangi waktu setup pada mesin tunggal (Mitrofanov, 1966). Konsep tersebut kemudian berkembang menjadi pengelompokan parts dengan kemiripan tertentu, kemudian memprosesnya dengan sekelompok mesin atau cell (Burbidge, 1963). Untuk merancang database yang aliran datanya berbentuk value chain seperti diatas maka dapat diusulkan untuk menggunakan metode *Group Technology* (GT).

Filing cabinet modern di zaman digital ini disebut database. Data menurut McFadden (1999) merupakan segala fakta di dunia yang dapat direkam dan disimpan pada media digital seperti komputer. Sedangkan basis data atau *database* merupakan kumpulan dari data-data yang berhubungan secara terorganisasi sedemikian rupa sehingga mudah untuk disimpan, dimanipulasi, dan dipanggil oleh *user* (Nugroho, 2011). *Software* yang digunakan oleh pengguna untuk pengolahan data berbasis komputer disebut dengan *database management system* (DBMS). Untuk kasus pelacakan produk, data dari proses awal sampai dengan proses akhir disimpan dalam bentuk tabel – tabel yang harus dirancang secara cerdas, misalnya menggunakan GT.

Integrasi dari metode value chain dan GT untuk merancang database adalah sangat bagus. Hal inilah yang akan diperlihatkan dalam penelitian ini, dengan mengambil contoh perusahaan produksi susu. Hasil akhir dari penelitian ini adalah sebuah desain database yang merupakan buah integrasi dari value chain dan group technology, yang dapat dipakai untuk melacak proses dan komponen penyusun suatu produk. Rancangan database ini dapat dipakai untuk membangun SIM pelacakan (*traceability*) komposisi berbagai produk makanan sepanjang supply chain. Diharapkan, dengan adanya desain sistem informasi ini, IKM yang terlibat dalam supply chain produk makanan dapat lebih menunjukkan dan menjamin kualitas produknya sehingga kepercayaan konsumen daya saing IKM meningkat.

2. Metodologi

Penelitian ini masih bersifat konseptual, berikut ini adalah sumbangan dari masing-masing metode yang diintegrasikan menjadi konsep database yang bagus untuk traceability/pelacakan asal usul produk.



Value Chain

Group Technology

Group technology (GT) ialah sebuah filosofi yang merepresentasikan kesamaan dengan tiga cara (Soegianto, 1998) yaitu :

- Mengumpulkan aktivitas yang sama, sehingga menghindari waktu yang terbuang secara sia-sia dalam berpindah dari satu aktivitas ke aktivitas lain yang tidak berhubungan.
- Membuat standarisasi aktivitas-aktivitas atau item-item yang berkorelasi erat, sehingga hanya memfokuskan pada perbedaan-perbedaan khusus dan menghindari duplikasi yang tidak perlu.
- Dengan menyimpan informasi yang berhubungan dengan hal-hal yang berulang akan mengurangi waktu pencarian informasi karena kita hanya memanggilnya kembali.

Klasifikasi dan Kodefikasi dalam GT

Klasifikasi komponen adalah proses mengelompokkan atau menggolongkan komponen ke dalam kelompok yang biasa disebut dengan famili berdasarkan suatu prinsip aturan tertentu. Kodefikasi komponen adalah proses pemberian simbol suatu komponen. Simbol ini harus memberikan arti yang mencerminkan atribut-atribut dari komponen. Walaupun pekerjaan ini tidak terlalu sulit namun klasifikasi dan kodefikasi merupakan permasalahan yang cukup kompleks (Bedworth, 1991).

Beberapa sistem klasifikasi dan kodefikasi telah dikembangkan dan sudah banyak orang mencoba untuk memperbaikinya. Tidak ada sistem yang dapat digunakan secara menyeluruh di dalam berbagai kasus karena tergantung dari setiap keadaan penggunaan, misalnya keadaan suatu pabrik berbeda dengan pabrik yang lain. Karena itu kita harus memilih sistem klasifikasi dan kodefikasi yang terbaik untuk keadaan kita sendiri.

Klasifikasi dan kodefikasi yang dilakukan untuk mempermudah pengambilan informasi yang telah ada dalam file komputer. Dan juga memudahkan kita menambahkan informasi tentang proses manufaktur ke dalam file komputer. Secara umum sistem klasifikasi dan kodefikasi dapat digolongkan menjadi tiga (Bedworth, 1991) :

A. Hierarchical Code atau Monocode

Di dalam tipe kode ini, tiap nomor kode ditentukan oleh karakter yang mendahuluinya. Dengan kata lain, setiap karakter akan memperjelas informasi yang terkandung pada karakter sebelumnya. Hierarchical code menyediakan sejumlah informasi yang banyak dengan menggunakan sedikit karakter. Keuntungan ini menjadi lebih jelas ketika kita menentukan suatu attribute dalam sistem kodefikasi. Menentukan makna dari setiap digit dalam sistem ini dapat menjadi suatu kendala, meskipun penerapan sistem ini relatif mudah.

B. Attribute Code atau Polycode

Attribute code sering disebut juga dengan polycode, chain code, discrete code, atau fixed-digit code. Dalam sistem ini setiap karakter tidak tergantung dengan karakter yang lain. Karena itu dapat diberikan posisi yang khusus untuk setiap atribut komponen.

C. Hybrid Code atau Mixed

Hybrid code disebut juga dengan decision-tree coding, merupakan metode kodefikasi yang paling maju yang mengkombinasikan kedua hal yaitu atribut desain dan manufaktur. Dalam kenyataannya, sebagian besar perusahaan menggunakan sistem kodefikasi ini karena sistem ini mengambil setiap kelebihan dari sistem kodefikasi yang lain.

Sistem hybrid code dapat membuat kode yang relatif lebih padat informasi jika dibandingkan dengan attribute code. Di samping itu sistem ini dapat membantu untuk mengidentifikasi suatu komponen dengan karakteristik yang khusus.

Database

Database merupakan kumpulan file-file yang berhubungan secara logis dan digunakan secara rutin pada operasi-operasi sistem informasi manajemen. Semua database umumnya berisi elemen-elemen data yang disusun ke dalam file-file yang diorganisasikan berdasarkan sebuah skema atau



struktur tertentu, tersimpan di hardware komputer dan dengan software untuk melakukan manipulasi data untuk kegunaan tertentu. Jadi, suatu database adalah menunjukkan suatu kumpulan tabel yang dipakai dalam suatu lingkup perusahaan atau instansi untuk tujuan tertentu. Contoh suatu database adalah database akademik yang berisi file-file: mahasiswa, dosen, kurikulum, dan jadwal yang diperlukan untuk mendukung operasi sistem informasi akademik. Ada berbagai tipe database, namun yang paling banyak dipakai adalah tipe Relational Model (model relasional), dimana data disajikan dalam bentuk tabel dengan baris dan kolom, antar tabel dihubungkan melalui *primary key* dan *foreign key* (McFadden, 1999). Untuk mendukung pelacakan produk, tabel dalam database perlu dirancang secara cerdas, misalnya dalam hal ini menggunakan metode GT.

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk menunjukkan peran konsep integrasi value chain dan GT, maka diambil obyek penelitian pada industri susu, tepatnya adalah di suatu KUD susu di Batu, Jawa Timur. Industri susu mengalami rantai mutu yang panjang dan menarik untuk dilacak secara otomatis melalui database. Berikut ini adalah hasil masing-masing metode diiringi dengan pembahasan.

Peta Value Chain

Value chain dalam pelaksanaannya mempunyai aktivitas nilai yang merupakan aktivitas yang terpisah secara fisik dan teknologis yang diselenggarakan oleh perusahaan. Dalam value chain aktivitas nilai (Porter, 1994) terbagi menjadi dua aktivitas yaitu aktivitas primer dan aktivitas pendukung.



Gambar 1. Aktivitas nilai dalam value chain

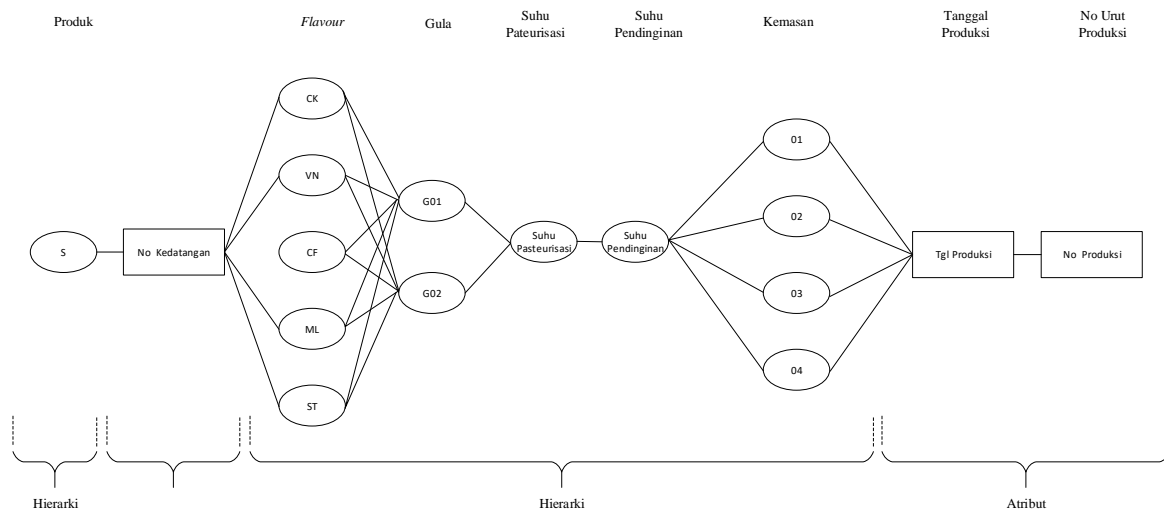


Tabel 1. Konsep tabel hasil konversi value chain hasil

Material	Proses Level 1	Proses Level 2	...	Proses Level n	Produk Akhir
Nama bahan	Proses 1	Proses 2	...		
Supplier	Teknisi	Teknisi	...	Teknisi	
Kualitas	Nama Mesin-mesin	Nama Proses	...	Nama Mesin-mesin	Nama Produk akhir
Harga	Kualitas	Kualitas	...		Kualitas
	Nama produk antara 1	Nama produk antara 2	...	Nama produk antara n	Harga
...		

Klasifikasi dan Pengkodean GT

Penggunaan GT saat ini banyak digunakan dalam pengelompokan inventory di sebuah perusahaan, namun konsep GT juga dapat digunakan sebagai acuan dalam mengklasifikasikan pembuatan produk berdasarkan bahan pembuatnya. Berikut ini salah satu contoh bentuk konsep database berbasis kodefikasi GT pada obyek penelitian di pembuatan Susu KUD Batu digambarkan dengan struktur hybrid, dimana kodefikasi dimulai dari susu mentah dengan nomor urut kedatangan dan gula. Kode yang dihasilkan tersebut merupakan kode untuk produk susu pasteurisasi. Kemudian susu pasteurisasi ditambahkan flavour menghasilkan kode untuk Susu Jadi. Penambahan kemasan dan nomor urut produksi menjadikan kode akhir menjadi produk Susu KUD Batu. Penggambaran struktur hybrid dapat dilihat pada gambar x.1. Penjelasan dari kode yang digunakan dalam struktur hybrid dapat dilihat pada tabel y.1.



Gambar 2. Struktur *Hybrid Group Tehnology*

Tabel 2. Keterangan Kode Susu

Kode	Keterangan	Kode	Keterangan
S	Susu Mentah	G01	Gula Rafinasi
CK	<i>Flavour</i> Cokelat	G02	Gula Pasir
VN	<i>Flavour</i> Vanilla	01	Kemasan 160 ml
CF	<i>Flavour</i> Coffe	02	Kemasan 180 ml
ML	<i>Flavour</i> Melon	03	Kemasan 500 ml
ST	<i>Flavour</i> Strawberry	04	Kemasan 1000 ml

Kodefikasi menggunakan GT dengan metode hybrid ini dapat lebih mudah diterapkan dalam sistem pengklasifikasian dalam melakukan input data sesuai kondisi yang ada. Kemudian



diperlukan parameter dalam kodefikasi GT yang dilakukan. Parameter yang digunakan, dijelaskan sebagai berikut.

1. Kode Raw Material (digit 1)
Kode raw material merupakan kode yang menggambarkan raw material utama yang digunakan dalam proses produksi. Dalam hal ini, sistem informasi ini dikhususkan untuk satu produk KUD Batu yaitu produk susu.
2. Kode Nomor Kedatangan Raw Material (digit 2-5)
Kode nomor kedatangan menandakan waktu kedatangan dari raw material, dimana dilambangkan dengan nomor urut, sesuai dengan waktu kedatangan raw material.
3. Kode Flavour (digit 6-7)
Kode Flavour merupakan kode yang digunakan untuk menandai rasa apa yang ada dalam produk akhir susu KUD Batu tersebut. Kode flavour ini dilambangkan dengan dua abjad yang mempresentasikan rasa tersebut.
4. Kode Gula (digit 8-10)
Kode Gula merupakan kode yang menunjukkan gula yang digunakan dalam pembuatan produk akhir. Kode ini diawali dengan huruf G yang mempresentasikan gula dan dua digit dengan angka yang menandakan nomor gula dan membedakan dari gula yang lainnya.
5. Kode Suhu Pasteurisasi (11-12)
Kode Suhu Pasteurisasi merupakan kode yang menunjukkan penggunaan suhu untuk melakukan proses pasteurisasi dalam proses produksi susu.
6. Kode Suhu Pendinginan (13-14)
Kode Suhu Pendinginan merupakan kode yang menunjukkan penggunaan suhu untuk melakukan proses pendinginan dalam proses produksi susu.
7. Kode Kemasan (digit 15-16)
Kode Kemasan merupakan kode yang menunjukkan kemasan yang digunakan. Kode ini menggunakan dua digit angka yang membedakan antara kemasan satu dengan kemasan yang lainnya.
8. Kode Tanggal produksi (17-26)
Kode tanggal produksi menampilkan tanggal kapan proses produksi dilakukan. Kode ini memiliki atribut tanggal, bulan, dan tahun produksi.
9. Kode Nomor Produksi (digit 27-30)
Kode Nomor Produksi merupakan empat digit angka yang menunjukkan nomor urutan produksi dari produk susu KUD Batu.

Untuk menganalisa kelompok yang sudah dibentuk maka digunakan tabel data yang memuat pengelompokan family produk berdasar atas parameter diatas. Tabel 3 untuk mempermudah dalam menggambarkan penggolongannya.



Tabel 3. Pengelompokan family produk

Parameter	Entitas	Atribut	Kode	Keterangan
Hierarki	<i>Raw Material</i>	Susu Mentah	S	Digit 1
Atribut	Nomor Kedatangan	Kedatangan nomor 1	0001	Digit 2-5
Hierarki	<i>Flavour</i>	<i>Flavour</i> Cokelat	CK	Digit 6-7
		<i>Flavour</i> Vanilla	VN	
		<i>Flavour</i> Coffe	CF	
		<i>Flavour</i> Melon	ML	
		<i>Flavour</i> Strawberry	ST	
	Gula	Gula Rafinasi	G01	Digit 8-10
		Gula Pasir	G02	
	Suhu Pasteurisasi	Suhu 85 Celsius	85	Digit 11-12
	Suhu Pendinginan	Suhu 5 Celsius	05	Digit 13-14
	Kemasan	Kemasan 160 ml	01	Digit 15-16
		Kemasan 180 ml	02	
		Kemasan 500 ml	03	
		Kemasan 1000 ml	04	
Atribut	Tanggal Produksi	Produksi 1 April 2017	01.04.2017	Digit 17-26
	Nomor Produksi	Produksi nomor 1	0001	Digit 27-30

Kode dalam parameter diatas sesuai dengan keadaan di KUD Batu sekarang, jika nantinya terdapat perubahan ataupun penambahan jenis atribut, maka dapat dilakukan pula dalam sistem informasi yang akan dibuat untuk mengenerate kode baru. Sebagai contoh, berikut merupakan gambar kodefikasi susu KUD Batu:

S	0	0	0	1	C	K	G	0	1	8	5	0	5	0	1	0	1	.	0	4	.	2	0	1	7	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Kode tersebut dapat diterjemahkan produk KUD Batu terdiri dari raw material “susu” dengan nomor kedatangan pertama, memiliki flavour “cokelat”, menggunakan “gula rafinasi”, menggunakan suhu pasteurisasi “85 Celsius”, suhu pendinginan “05 Celsius”, kemasan “160 ml”, dan diproduksi pada tanggal “1 April 2017” dengan urutan “pertama” oleh KUD Batu.

Desain Database Logis

Desain database logis aatu biasa dikenal dengan logical model merupakan penjelasan kepada user bagaimana fungsi-fungsi di sistem informasi secara logika akan bekerja. Logical model dapat digambar dengan menggunakan ERD (Entity Relation Diagram). Dalam tahapan pembuatan database logis perlu ditentukan terlebih dahulu menentukan daftar entitas, menentukan relasi antar entitas, dan memastikan tidak adanya redudansi data (Whitten, 2012). Berikut adalah tahapan dalam pembuatan entity hasil dari GT diatas.

Daftar Entitas

Daftar entitas menjelaskan identifikasi entitas yang terlibat dalam sistem informasi. Entitas tersebut nantinya akan menjadi tabel dalam sistem informasi yang menyimpan data berdasarkan atribut dari entitas tersebut. Entitas dalam perancangan sistem informasi ini diambil dari pemetaan



aktivitas berdasar analisis value chain dan sesuai batasan yang telah ditetapkan. Entitas dan atribut dalam sistem informasi yang akan dibuat dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Daftar Entitas dan Atribut

Entitas	Atribut
Distributor	Kode_Distributor*, Nama Toko, Pemilik, Alamat, No Telepon
Pengiriman	Nomor Pengiriman*, Kode_Pengiriman, Kode_Susu_Nandhi_Murni, Kode_Distributor, Jumlah Kirim, Tanggal Pengiriman, Keterangan
Supplier	Kode_Supplier*, Nama Toko, Pemilik, Alamat, No Telepon
Kemasan	Kode_Kemasan*, Jenis Kemasan, Kode_Supplier, Kemasan Value
Flavour	Kode_Flavour*, Jenis Flavour, Kode_Supplier, Flavour Value
Gula	Kode_Gula*, Jenis Gula, Kode_Supplier, Gula Value
Susu Mentah	Kode_Susu_Mentah*, Tgl Kedatangan, Keterangan, Susu Value
Susu KUD Batu	Kode_Susu_Nandhi_Murni*, Nama Produk, Kode_Susu_Mentah, Kode_Gula, Kode_Flavour, Tgl Produksi, Tgl Kadaluarsa, Suhu Pasteurisasi, Suhu Pendinginan, Kode_Kemasan, Jumlah Produksi, Value Produk, Gambar Produk, Keterangan
Penanganan Traceability	Nomor Pelaporan*, Kode_Susu_Nandhi_Murni, Permasalahan, Penanganan Lanjutan, Keterangan
Dummy	Kode_Pengiriman, Kode_Distributor

Desain Database Fisik

Desain *database* fisik merupakan langkah untuk mempresentasikan desain *database* logis kedalam bentuk aktual. Desain *database* fisik disesuaikan dengan *software* yang digunakan dalam perancangan sistem informasi yaitu *Microsoft Access* 2016. Desain *database* fisik bertujuan untuk menyimpan data yang berkaitan dengan informasi dari hasil desain logis sebelumnya. Tahapan desain *database* fisik akan menampilkan tabel-tabel yang ada dalam *database* disesuaikan dengan *software* yang digunakan. Berikut merupakan contoh desain *database* fisik dari perancangan sistem informasi.

1. Entitas Produksi

Tabel 6 menunjukan desain *database* fisik dari entitas/tabel Produksi.



Tabel 6. Entitas Produksi

Field	Data Type	Field Size / Format	Key
Kode_Susu_murni	Short Text	50	Primary key
Nama Produk	Short Text	50	
Kode Susu Mentah	Short Text	25	Foreign Key
Kode Gula	Short Text	25	Foreign Key
Kode Flavour	Short Text	25	Foreign Key
Suhu Pasteurisasi	Short Text	25	
Suhu Pendinginan	Short Text	25	
Homogenisasi	Short Text	25	
Kode Kemasan	Short Text	25	Foreign Key
Tgl Produksi	Date	Date	
Tgl Kadaluarsa	Date	Date	
Produk Value	Currency	Standart	
Jumlah Produksi	Number	Integer	
Gambar Produk	Attchment		
Keterangan	Short Text	30	

2. Entitas Penanganan *Traceability*

Tabel 7 menunjukkan desain *database* fisik dari entitas/tabel Penanganan *Traceability*.

Tabel 7. Entitas Penanganan *Traceability*

Field	Data Type	Field Size / Format	Key
Nomor Pelaporan	Short Text	25	Primary key
Kode_Susu_murni	Short Text	25	Foreign Key
Permasalahan	Long Text		
Penanganan Lanjutan	Long Text		
Keterangan	Short Text	30	

3. Entitas Pengiriman

Tabel 8 berikut menunjukkan desain *database* fisik dari entitas/tabel Pengiriman.

Tabel 8 Entitas Pengiriman

Field	Data Type	Field Size / Format	Key
Nomor Pengiriman	Auto Number	Long Integer	Primary key
Kode Pengiriman	Short Text	25	
Kode_distributor	Short Text	25	Foreign Key
Jumlah Kirim	Number	Long Integer	
Tanggal Pengiriman	Date	Date	
Keterangan	Short Text	30	

Desain *database* fisik juga dilakukan terhadap keseluruhan entitas yang ada dengan cara yang sama seperti tiga contoh diatas. Hasil dari desain *database* fisik ini nantinya akan dijadikan acuan dalam implementasi pembuatan tabel di *Microsoft Access*.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagaimana dijelaskan sebagai berikut.

1. Analisis *value chain* yang telah dilakukan dalam penelitian ini menghasilkan pemetaan terhadap aktivitas-aktivitas yang terjadi dalam KUD Batu berdasarkan prinsip *value chain*



menurut Kotler (1994). Aktivitas yang dilakukan pemetaan adalah aktivitas *inbound logistic, operation, outbound logistic, marketing and sales*, dan *services* sebagai aktivitas primer serta aktivitas sekunder yaitu *firm infrastructure, human resource management, technology development*, dan *procurement*. Hasil dari pemetaan didapatkan jika faktor yang digunakan dalam perancangan sistem informasi adalah *supplier*, distributor, bahan baku, kemasan, pengiriman, proses produksi, dan penanganan *traceability*.

2. Atas dasar analisa pemetaan value chain, maka dipilih kode gabungan hybrid dari GT untuk klasifikasi dan pengkodean proses produksi susu. Kode diawali hirarki lalu diikuti dengan poly code.
3. Dari hasil kode GT diatas, melalui langkah desain database, telah dihasilkan tabel-tabel yang diperlukan untuk pelacakan/trace proses dan produk susu.

Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, disarankan untuk penelitian selanjutnya:

- Mengembangkan kode GT yang lain, misalnya berbasis KK3 atau Opitz sebagai pembanding.
- Mengembangkan aplikasi Sistem Informasi Manajemen Pelacakan Proses dan Produk dengan menggunakan database yang telah dihasilkan.
- Menyempurnakan pondasi database berbasis GT dan value chain untuk mendapatkan patent agar dapat dipakai oleh berbagai macam produk yang dapat digambarkan value chainnya.

Daftar Pustaka

- Chang, T., Wysk, R.A. & Wang, H. 2005. *Computer Aided Manufacturing International series in Industrial and System Engineering*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Chopra, S. dan Meindl, P. 2007. *Supply Chain Management : Strategy, Planning, and Operations*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Jacobs, F. Robert & Chase, Richard B. 2015. *Manajemen Operasi dan Rantai Pasokan*. Jakarta: Salemba Empat.
- Mc Fadden, Fred R. et all. 1999. *Modern Database Management*. Upper Saddle River: Addison Wesley Educational Publisher Inc.
- Mc Leod, Raymond. 2004. *Sistem Informasi Manajemen*. Jakarta: Indeks.
- Selly, Gary B. & Rossenblatt, Harry J. 2012. *System Analysis and Design Ninth Edition*. Boston: Course Technology, Congage Learning.
- Sommerville, Ian. 2003. *Software Engineering Edisi 6*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Schwagele, F. (2005). Traceability From A European Perspective, Meat Science. Vol.71. pp. 164-173
- Pemerintah dan Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia. 2008. "Undang-Undang no 20 Tahun 2008 tentang Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah". Jakarta



Halaman ini sengaja dikosongkan





**Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada**

